

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Mentor

Prof. dr. sc. Željko Šitum

Dario Ferenčaba

Zagreb, 2009.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Odbor za diplomske ispite
Povjerenstvo proizvodnog smjera



Zagreb, 10. studenog 2008.

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Dario Ferenčaba**

Mat. br.: 0035145351

Naslov: **UPRAVLJANJE BLOKADNIM PLINSKIM STANICAMA**

Opis zadatka:

Blokadne plinske stanice imaju ulogu sekcioniranja, odnosno odvajanja pojedinih dionica u slučaju puknuća plinovoda. Prvenstveno imaju sigurnosnu ulogu i iz tog razloga se postavljaju na manjim razmacima u gušće naseljenim područjima, te oko pojedinih objekata gdje postoji veća opasnost od oštećenja cijevi plinovoda, kao što su cestovni prijelazi, pruge, rijeke i sl. Kao zaporni elementi unutar blokadne stanice služe blokadni uređaji koji se sastoje od slavine, aktuatora i upravljačkog uređaja, koji nakon detekcije puknuća plinovoda ima zadatak pokretanja akcije zatvaranja dionice plinovoda. Ukoliko dođe do puknuća plinovoda, tlak će na mjestu puknuća i u njegovoj blizini padati velikom brzinom, tlačni poremećaj će se brzo širiti dionicom plinovoda, što će detektirati blokadni uređaj, te pokrenuti aktivnost izoliranja dionice s oštećenjem od ostatka plinovoda i onemogućiti dotok novih količina plina.

U radu je potrebno:

- Objasniti princip rada blokadnih plinskih stanica.
- Dati opis komponenti blokadnih uređaja.
- Razmotriti načine upravljanja blokadnih stanica u praksi, načine prijenosa signala, mogućnosti vizualizacije procesa i analize alarmnih situacija.
- Izraditi program za upravljanje blokadnim uređajem kojim se ostvaruje zatvaranje pojedinih dionica u slučaju puknuća plinovoda.

Zadatak zadan:

13. studenog 2008.

Rok predaje rada:

15. siječnja 2009.

Predviđeni datum obrane:

21. – 23. siječnja 2009.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Željko Šitum

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Franjo Cajner

Izjavljujem da sam ovaj rad radio samostalno, koristeći vlastito znanje, većim dijelom stečeno tokom studija te navedenu literaturu.

Ovom prilikom želio bih se zahvaliti:

Mentoru prof. dr. sc. Željko Šitum na savjetima, sugestijama i pomoći tokom izrade diplomskog rada, te što mi je omogućio izradu istog.

Također zahvaljujem na stručnoj pomoći dipl. ing. Dario Noha i dipl. ing. Vlado Belačić te stipenditoru dipl. ing. Branko Radošević i tvrtci Plinacro d.o.o. na ukazanome povjerenju i stipendiranju tokom studija.

Dario Ferenčaba

SAŽETAK

U diplomskom radu objašnjena je uloga blokadnih uređaja u plinovodnom sustavu, gdje je pobliže objašnjeno upravljanje blokadnim uređajem na blokadnoj stanici plinovoda.

U prvome dijelu diplomskog rada dan je opis komponenata te je objašnjen princip rada i način povezivanja blokadnog uređaja. U drugom dijelu objašnjeno je upravljanje blokadnim uređajem.

Zadatkom je bilo potrebno izraditi program za upravljanje blokadnim uređajem te je stoga objašnjen način odluke o zatvaranju slavine na dva elektronička blokadna uređaja (eLBC) koji se najčešće koriste na plinovodima u Republici Hrvatskoj (Fasek i Feromihin).

Način povezivanja eLBC uređaja s opremom jednak u oba slučaja dok je teorijskom analizom pokazano da se algoritam odlučivanja procesora svakog uređaja uvelike razlikuje. Pri tome su vrlo važni parametri koje algoritam svakog uređaja uzima u obzir, tako je pokazano da je eLBC uređaj Fasek fleksibilniji zbog mogućnosti namještanja brzine reakcije samog uređaja, dok je uređaj Feromihin strogo određen vremenom reakcije od jedne minute.

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	II
SADRŽAJ	III
POPIS SLIKA	V
POPIS TABLICA.....	VII
POPIS OZNAKA	VIII
1. UVOD	1
2. BLOKADNE PLINSKE STANICE.....	2
3. BLOKADNI UREĐAJI	8
3.1. Komponente blokadnog uređaja.....	8
3.1.1. Slavina.....	11
3.1.2. Aktuator.....	12
3.1.2.1. Kućište aktuatora s pretvornikom gibanja.....	12
3.1.2.2. Glavni cilindar (radni).....	13
3.1.2.3. Pomoćni cilindar	13
3.1.2.4. Krajnji prekidači.....	14
3.1.3. Upravljački uređaj	14
3.1.3.1. Impulsni i pogonski vodovi.....	14
3.1.3.2. Upravljački uređaj	14
3.1.4. LBC (Line Break Control) blokadni uređaj	15
3.1.4.1. pLBC	15
3.1.4.2. eLBC	15
3.1.4.3. Pretvornik tlaka	16
3.1.5. Jedinica za ručno pokretanje	17
3.2. Način rada	18
3.3. Načini upravljanja	20

3.3.1. Ručno upravljanje	20
3.3.2. Automatsko upravljanje	20
3.3.2.1. Pneumatsko LBC upravljanje.....	21
3.3.2.2. Elektroničko LBC upravljanje	24
3.3.3. Daljinsko upravljanje	25
3.4. Načini prijenosa signala	26
3.5. Nadzor i signalizacija	27
4. SEKVENCA UPRAVLJANJA BLOKADNIM UREĐAJEM	32
4.1. Prikupljanje informacija o tlaku	32
4.2. Obrada signala i odluka eLBC uređaja Fasek PDC-1	33
4.2.1. Primjer odluke	36
4.3. Obrada signala i odluka eLBC uređaja Feromihin Exell	41
4.4. Zatvaranje/otvaranje slavine putem eLBC uređaja	44
4.5. Dodatne mogućnosti eLBC uređaja Feromihin.....	44
5. ZAKLJUČAK	46
6. PRILOG	47
7. LITERATURA.....	50

POPIS SLIKA

Slika 1. Raspored blokadnih plinskih stanica na plinovodu.....	3
Slika 2. Puknuće cijevi plinovoda	4
Slika 3. Eksplozija plinovoda (Ukrajina svibanj 2007.g.).....	5
Slika 4. Eksplozija plinovoda, bliži pogled (Ukrajina svibanj 2007.g.).....	5
Slika 5. Plinski čvor Draganić (5 blokadnih uređaja)	6
Slika 6. Blokadna stanica Jastrebarsko	7
Slika 7. Plinski čvor Draganić – cijeli objekt (5 blokadnih uređaja)	8
Slika 8. Komponente blokadnog uređaja	9
Slika 9. Grafički prikaz sekcije slavina – vreteno – aktuator	10
Slika 10. Blokadni uređaj - nadzemni dio	10
Slika 11. Grafički prikaz upravljačkog uređaja.....	11
Slika 12. Slavina.....	12
Slika 13. Kućište aktuatora s pretvornikom gibanja.....	13
Slika 14. Pneumatski LBC	15
Slika 15. Elektronički LBC	16
Slika 16. Pretvornik tlaka	16
Slika 17. Jedinica za ručno pokretanje	17
Slika 18. Detekcija puknuća plinovoda.....	18
Slika 19. Gradijent pada tlaka u plinovodu	18
Slika 20. Shema pneumatskog LBC uređaja.....	21
Slika 21. Shema elektroničkog LBC uređaja	24
Slika 22. Nacionalni dispečerski centar	28
Slika 23. Vizualizacija plinovodnog sustava SCADA programskom podrškom.....	29
Slika 24. Uvećani prikaz objekta.....	30
Slika 25. Daljinsko upravljanje - komanda	31

Slika 26. Lista događaja odabranog objekta.....	31
Slika 27. Blok shema blokadne stanice	32
Slika 28. Izgled kontrolne ploče eLBC uređaja Fasek PDC-1	33
Slika 29. Periodi rada (modovi) eLBC Fasek PDC-1	34
Slika 30. Dijagram toka za uređaj Fasek PDC-1	40
Slika 31. Izgled kontrolne ploče eLBC uređaja Feromihin Exell	41
Slika 32. Dijagram toka za uređaj Feromihin Exell	43
Slika 33. Plan razvitka plinovodnog sustava do 2011. godine	49

POPIS TABLICA

Tablica 1. Primjer odluke, slučaj 1	36
Tablica 2. Primjer odluke, slučaj 2	37
Tablica 3. Primjer odluke, slučaj 3	37
Tablica 4. Primjer odluke, slučaj 4	38
Tablica 5. FIFO međumemorija	39

POPIS OZNAKA

Oznaka

p	bar	Tlak
$\Delta p/t$	bar/min	Gradijent pada tlaka
A	bar/T	Računska vrijednost gradijenta pada tlaka
G	bar/min	Zadani gradijent pada tlaka
I, J		Brojači
M		Broj mjerenja u zadanom vremenu reakcije
PI, PJ	bar	Izmjerena vrijednost tlaka
S	bar	Sveukupni pad tlaka
T	s	Vrijeme reakcije
X	bar	Srednja vrijednost tlaka prvih pola minute
Y	bar	Srednja vrijednost tlaka zadnjih pola minute
Z		Računska vrijednost gradijenta pada tlaka za pola minute

1. UVOD

Blokadne plinske stanice imaju ulogu sekcioniranja, odnosno odvajanja pojedinih dionica u slučaju puknuća plinovoda. Prvenstveno imaju sigurnosnu ulogu i iz tog razloga se postavljaju na manjim razmacima u gušće naseljenim područjima, te oko pojedinih objekata gdje postoji veća opasnost od oštećenja cijevi plinovoda, kao što su cestovni prijelazi, pruge, rijeke i slično. Kao zaporni elementi unutar blokadne stanice služe blokadni uređaji koji se sastoje od slavine, akuatora i upravljačkog uređaja, koji nakon detekcije puknuća plinovoda ima zadatak pokretanja akcije zatvaranja dionice plinovoda. Ukoliko dođe do puknuća plinovoda, tlak će na mjestu puknuća i u njegovoj blizini padati velikom brzinom, tlačni poremećaj će se brzo širiti dionicom plinovoda, što će detektirati blokadni uređaj, te pokrenuti aktivnost izoliranja dionice s oštećenjem od ostatka plinovoda i onemogućiti dotok novih količina plina (prirodni plin - prilog 6.4.).

Zbog potrebe za kvalitetnijim, sigurnijim i tehnološki naprednijim vođenjem blokadne sekvence blokadnog sustava, zamjenjuje se blokadni uređaj s pneumatskim upravljanjem uređajem s elektroničkim upravljanjem blokadnim sustavom.

Prednosti ovoga sustava su u tome da je pouzdan u svim uvjetima, moguće je koristiti jedan te isti tip blokadnog uređaja na cijelom plinskom sustavu bez obzira na radni tlak, promjer, kapacitet, lokaciju i slično te daje dodatne mogućnosti nadzora i upravljanja sustavom, povećava sigurnost i pouzdanost, otklanja lažne signale.

2. BLOKADNE PLINSKE STANICE

Sukladno "Pravilniku o tehničkim uvjetima i normativima za siguran transport tekućih i plinovitih ugljikovodika magistralnim naftovodima i plinovodima, te naftovodima i plinovodima za međunarodni transport" na određenim razmacima na plinovodu moraju biti postavljene blokadne slavine koje omogućavaju odvajanje dionica plinovoda u slučaju loma, propuštanja, kvara ili radova na određenoj dionici.

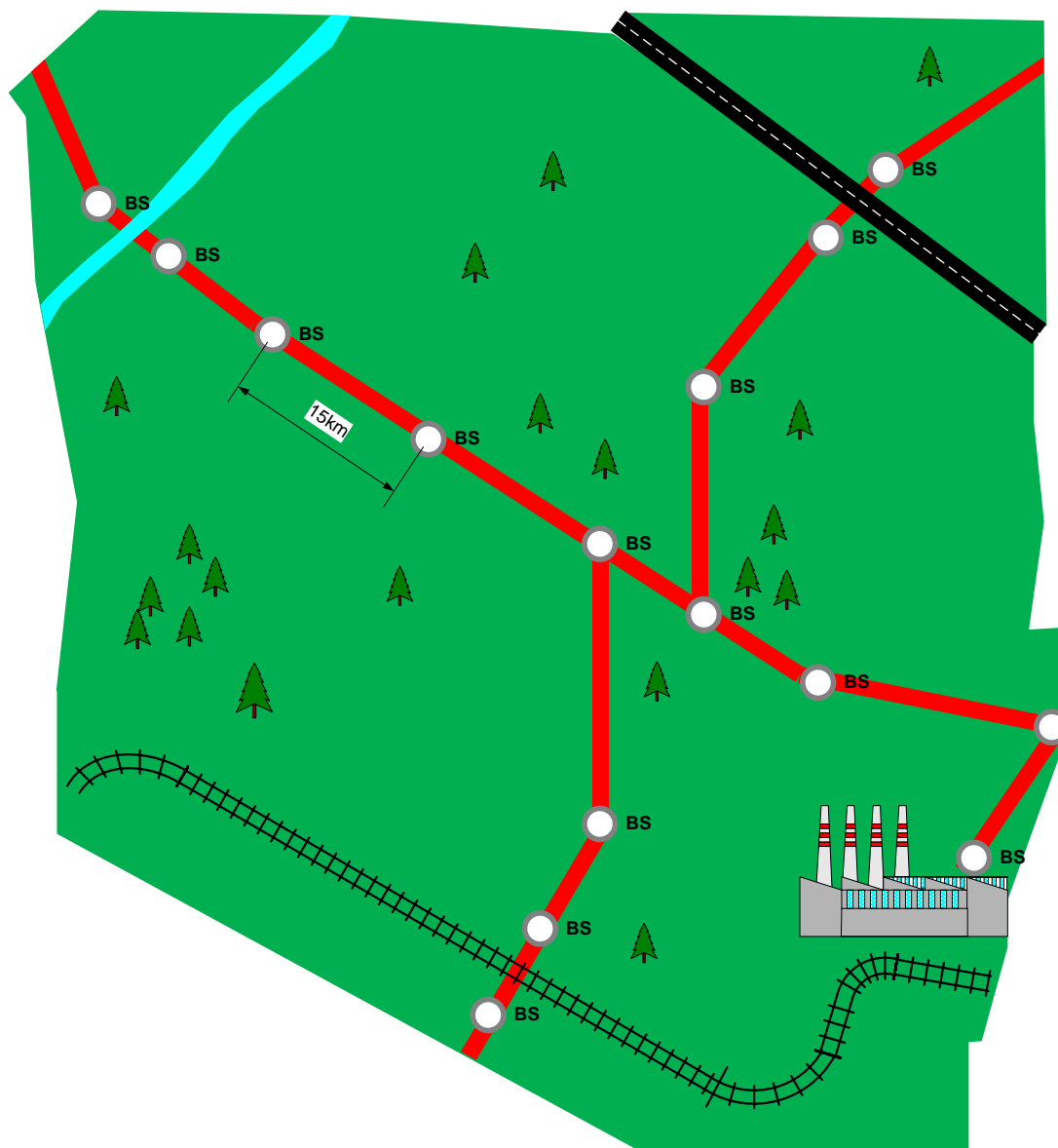
Nužnost postavljanja i međusobna udaljenost blokadnih uređaja propisana je slijedećim pravilnicima i normama^[1]:

- HR: "Pravilnikom o tehničkim uvjetima i normativima za siguran transport tekućih i plinovitih ugljikovodika na magistralnim naftovodima i plinovodima te naftovodima i plinovodima za međunarodni transport" (poglavlje V 68-72)
- EU: EN 1594
Gas supply systems. Pipelines for maximum operating pressure over 16 bar.
Functional requirements
- HR: HR EN 1594 - točka 5.4 (prilog 5.1.)
- DE: DVGW, radni list G 463/12-2001 - točka 3.2.2
Gasleitungen aus Stahlrohren für einen Betriebsüberdruck > 16 bar - Errichtung
- SAD: ASME B 31.8
Gas Transmission and Distribution Piping Systems

Iz tog razloga na plinovod se postavljaju blokadne plinske stanice koje sadrže blokadne uređaje sa popratnim elementima. Blokadne plinske stanice su objekti koji se postavljaju na određenim razmacima, sukladno važećim zakonima, normama i pravilnicima međusobna udaljenost i lokacije blokadnih uređaja određuju se s obzirom na (karakteristike plinovoda u prilogu 5.2. i 5.3.);

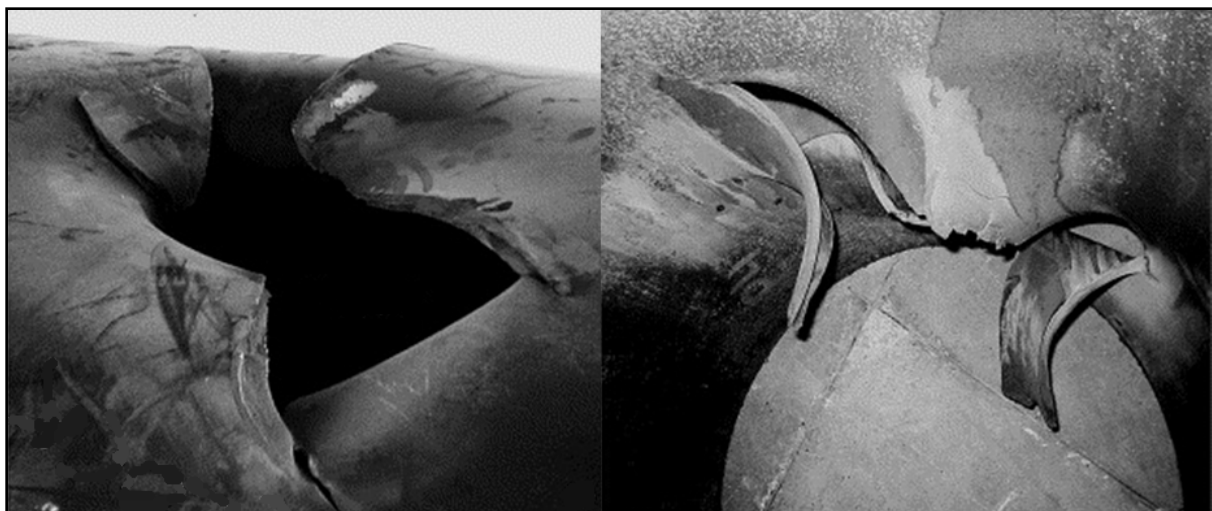
- gustoću naseljenosti u tom području
- radnom tlaku plinovoda
- promjeru plinovoda
- vremenu potrebnom za dolazak na mjesto blokadnog uređaja
- tehničko-tehnološkim potrebama korisnika

Kada je plinovod u blizini takovih objekata i mjesta, blokadne plinske stanice se postavljaju na manjem razmaku. Što je veći razmak između blokadnih plinskih stanica to je manji pad tlaka i teža njegova detekcija, stoga se kao najveći razmak koristi oko 15 kilometara.



Slika 1. Raspored blokadnih plinskih stanica na plinovodu

Pod puknućem plinovoda se podrazumijeva potpuno razdvajanje plinovoda ili slučajevi velikih pukotina ili otvora na plinovodu (slike 2., 3., 4.). Otvori manjih dimenzija neće biti detektirani od strane LBC uređaja.



Slika 2. Puknuće cijevi plinovoda^[2]

Postoje mnoge opasnosti koje mogu biti uzroci puknuća plinovoda, kao što su na primjer:

- utjecaj trećih osoba (preopterećenje, sabotaze, mehaničko oštećivanje)
- naprezanje materijala (koncentrirana sila, zaostala naprezanja)
- korozija (stanjivanje stijenke ili korozija spojeva i zavara zbog vanjske ili unutarnje korozije uzrokovane lošom AKZ zaštitom, neispravnom katodnom zaštitom, promjenom sastava tla)
- greške u materijalu cijevi (tvorničke greške)
- nepravilno rukovanje sustavom (upravljanje sustavom, održavanje)
- projektne greške (nepravilno dizajniran i proračunat sustav ili krivo odabrani materijali)
- greške prilikom izgradnje sustava (loši zavari, mehanička oštećenja)
- geološke nepogode (potresi, poplave, klizanje tla)

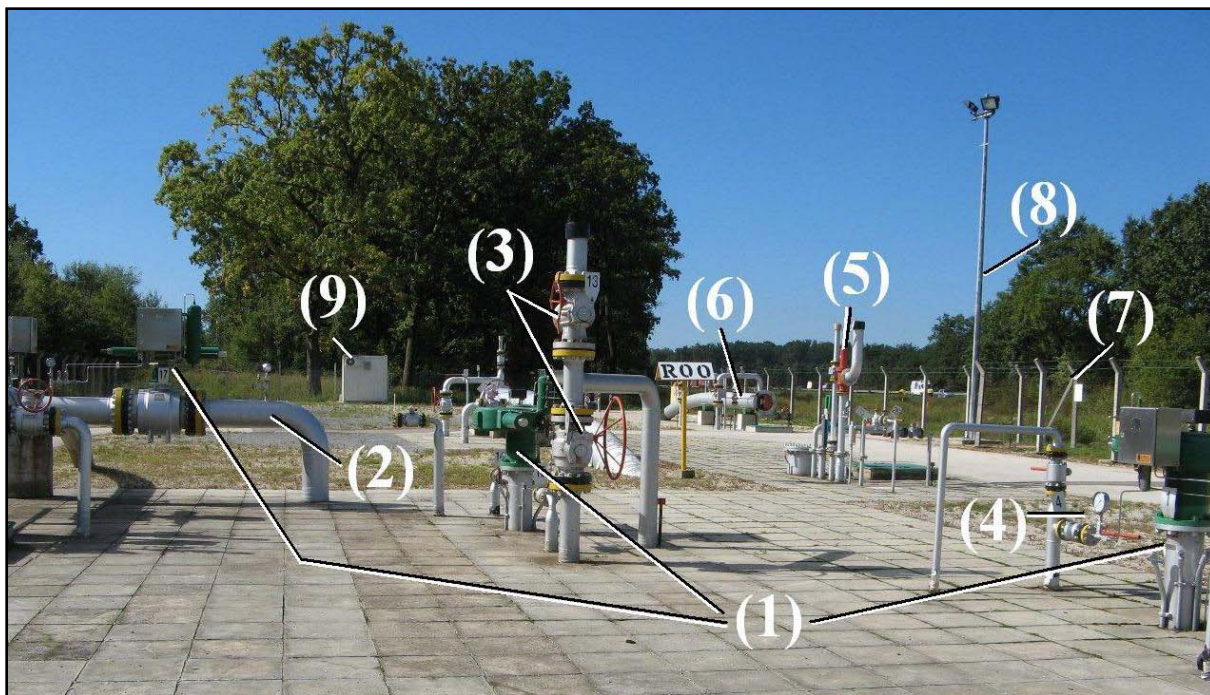
Na slijedećim slikama (slike 3. i 4.) prikazana je eksplozija plinovoda u blizini sela Luka, 150 kilometara udaljenog od Kijeva, kojim se vrši transport ruskog plina preko Ukrajine za korisnike u Europskoj Uniji.



Slika 3. Eksplozija plinovoda (Ukrajina svibanj 2007.g.)^[3]



Slika 4. Eksplozija plinovoda, bliži pogled (Ukrajina svibanj 2007.g.)^[3]



Slika 5. Plinski čvor Draganić (5 blokadnih uređaja)

Blokadna plinska stanica kao objekt sastoji se od (primjer slika 5.):

- Blokadnog uređaja (1)
- Cijevnih obilaznih vodova (by-pass) (2)
- Zapornih organa (na primjer slavine za ručno zatvaranje) (3)
- Mjernih instrumenata (4)
- Plinskih napojnih i signalnih vodova (4)
- Ostalih elemenata
 - Ispuhivača (5)
 - Vod za čistačku (kracer) glavu (6)
 - Ograde (7)
 - Rasvjete (8)
 - Popratnih objekata, kao na primjer: kontejner za zaštitu od elementarnih nepogoda (9)



Slika 6. Blokadna stanica Jastrebarsko

3. BLOKADNI UREĐAJI^[2]

Općenito blokadni uređaji imaju ulogu sekcioniranja, odnosno odvajanja pojedinih dionica plinovoda. Smješteni su unutar objekata na plinovodima (Blokadna stanica BS, Blokadno ispuhivačka stanica BIS, Plinski čvor PČ (slika 7.), Mjerno redukcijaska stanica MRS, Mjerno regulacijski čvor MRC i slično).



Slika 7. Plinski čvor Draganić – cijeli objekt (5 blokadnih uređaja)

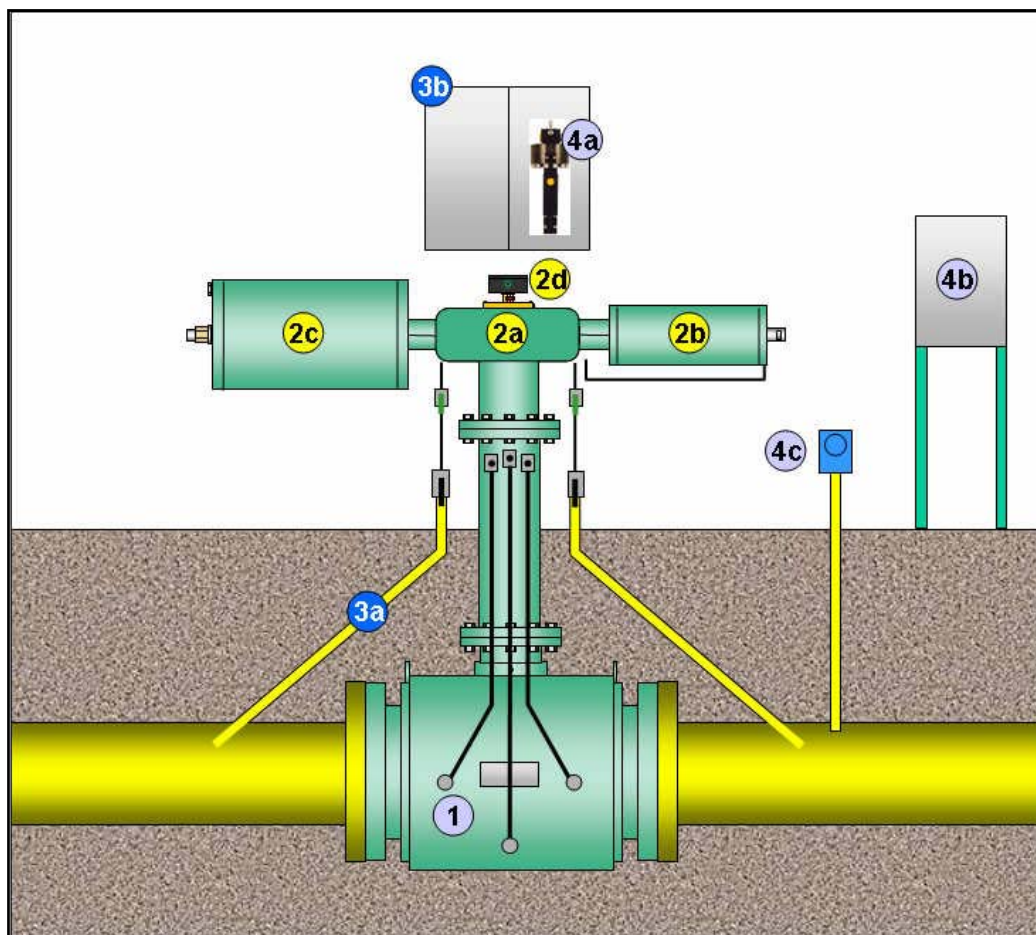
3.1. Komponente blokadnog uređaja

Blokadni uređaji su zaporni elementi unutar blokadne stanice, a sastoje se od slavine, aktuatora, upravljačkog uređaja i eventualno LBC-a. LBC uređaj (Line Break Control) ugrađuje se uglavnom na magistralnim plinovodima, a osnovna uloga LBC-a je detekcija puknuća plinovoda i pokretanja akcije zatvaranja dionice plinovoda.

Blokadni uređaj sastoji se od (slika 8.):

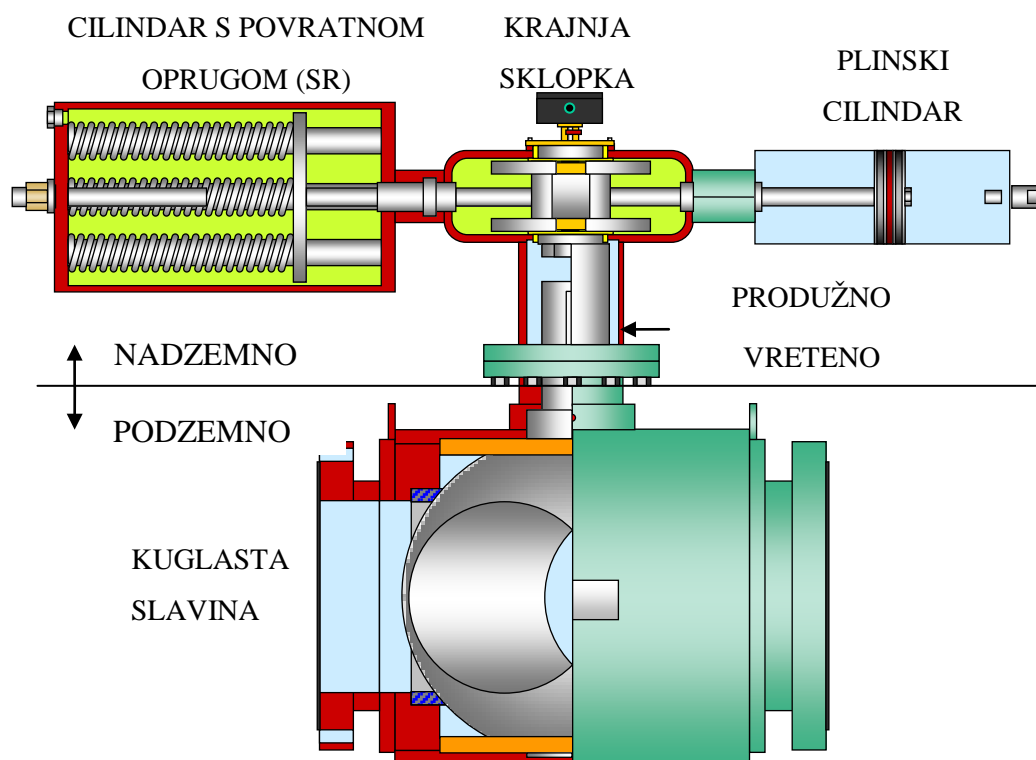
1. Slavina
2. Aktuator
 - 2a. Kućište s pretvornikom gibanja
 - 2b. Glavni cilindar
 - 2c. Pomoćni cilindar
 - 2d. Krajnji prekidači
3. Upravljački uređaj
 - 3a. Impulsni vodovi
 - 3b. Upravljački uređaj

4. LBC
 - 4a. pLBC
 - 4b. eLBC
 - 4c. Pretvornik tlaka
5. Jedinica za ručno pokretanje



Slika 8. Komponente blokadnog uređaja

Blokadni uređaj uvijek je opremljen slavinom (1) samog plinovoda, aktuatorom (2) i upravljačkim uređajem (3). Jedinica za ručno pokretanje (5) se uglavnom ugrađuje, ali nije uvjet. Ova jedinica nije prikazana na gornjoj slici, a ugrađuje se pokraj upravljačkog uređaja, iza upravljačkog uređaja na sam aktuator, a ponekad i unutar upravljačkog uređaja. Naziv aktuator obuhvaća kućište sa pretvornikom gibanja (pravocrtno u rotaciono), glavni i pomoćni cilindar te kutiju sa krajnjim prekidačima za signalizaciju položaja. LBC jedinica (4) se ugrađuje ako blokadni uređaj mora detektirati nagli pad tlaka u plinovodu i reagirati na način da zatvori plinovod. Ugrađuje se uvijek samo jedna LBC jedinica, koja može biti pneumatska (pLBC) ili elektronička (eLBC).

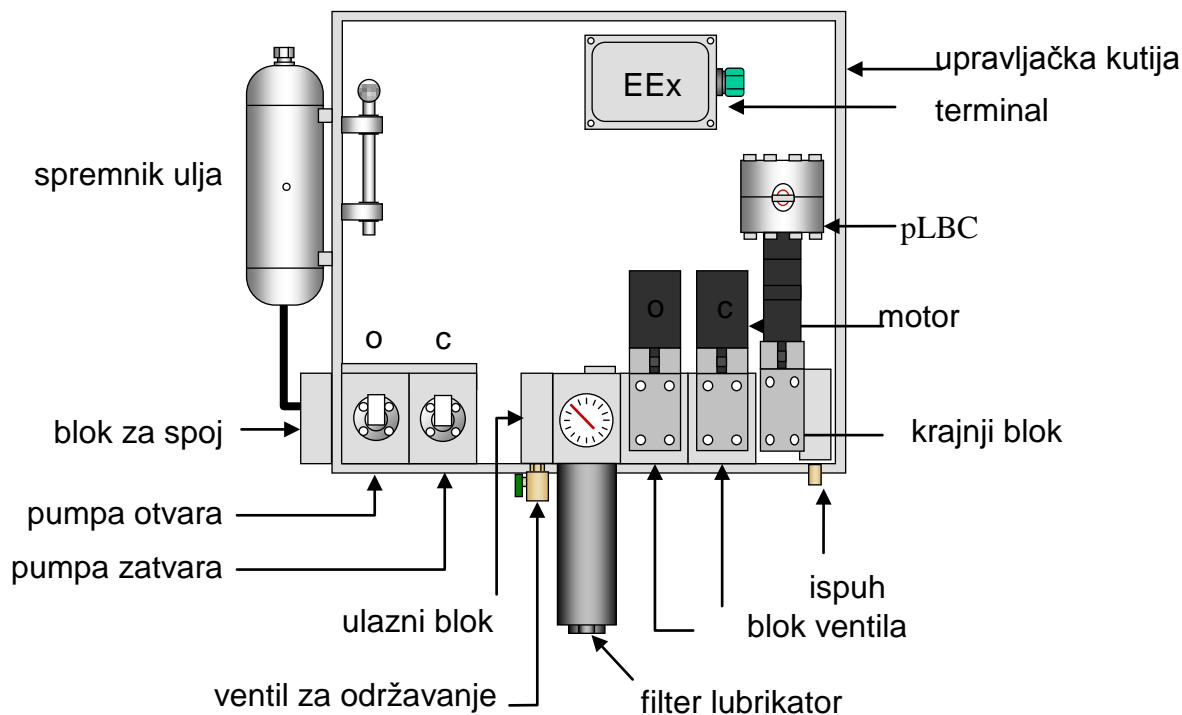


Slika 9. Grafički prikaz sekcije slavina – vreteno – aktuator

Oprema blokadnih stanica su pretežno nadzemni elementi samo je glavna slavina ugrađena podzemno i zavarena na cjevovod.



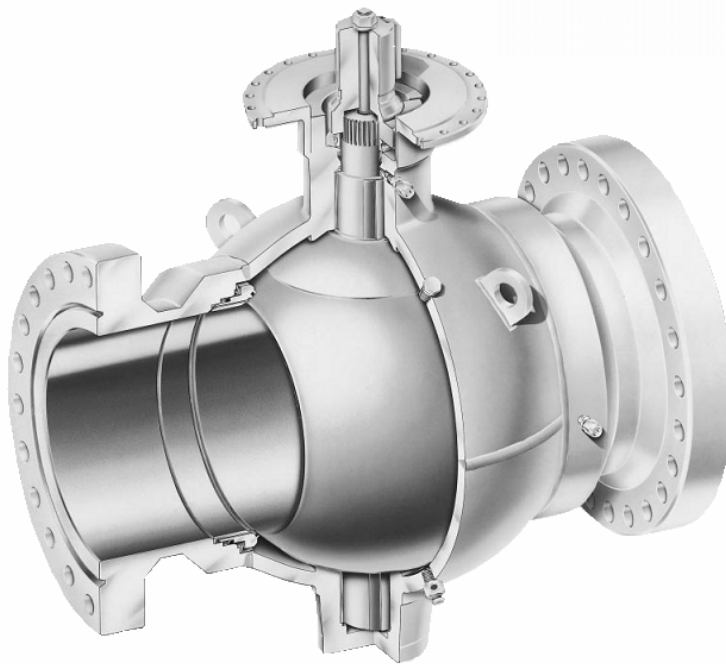
Slika 10. Blokadni uređaj - nadzemni dio



Slika 11. Grafički prikaz upravljačkog uređaja

3.1.1. Slavina

Slavine imaju funkciju potpunog zatvaranja protoka plina kada je to potrebno. Koriste se podzemne uvarne kuglaste slavine s punim otvorom (jednakog nazivnom promjeru plinovoda) za prolaz čistača. Pod sastavni dio slavine podrazumijevamo i vrat slavine s produžnim vretenom, kao i mazalice. Slavine na našim magistralnim plinovodima su uglavnom Cooper Cameron, Argus, Metalac, MSA, Perar u veličinama 12“-28“. Brtvljenje se postiže dosjedom teflonske brtve na fino obrađenu metalnu kuglu. Ova teflonska brtva na sebi ima utor u kojem se nalazi mazivo koje je nužno za potpunu nepropusnost slavine. Mazivo se ubrizgava preko priključaka za podmazivanje koji se nalaze na vrhu vrata slavine. Za potpuno (plinitjesno) brtvljenje, te dugovječan i pouzdan rad slavine nužno je redovno podmazivanje slavine.



Slika 12. Slavina

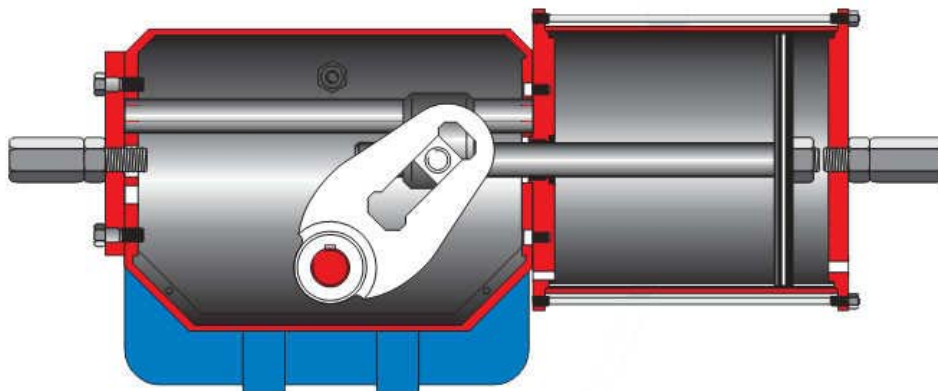
3.1.2. Aktuator

Aktuatori su uređaji koji pretvaraju električke ili fluidne ulaze u mehaničke izlaze, kao što su pozicija, sila, zakretni kut ili moment. U našem slučaju aktuator iskorištava tlak plina iz plinovoda i pretvara ga u zakretni moment za pokretanje slavine. Sastoji se od kućišta i dva cilindra. Jedan cilindar služi za pokretanje plinom iz plinovoda, a drugi (ako je ugrađen) za ručno pokretanje slavine pomoću ručne pumpe. Proizvođači, čiji se aktuatori koriste na našim plinovodima su slijedeći: Matryx, Fahlke, Rotork.

3.1.2.1. Kućište aktuatora s pretvornikom gibanja

Kućište aktuatora je izvedeno kao lijevano metalna struktura ispunjena mazivom u kojemu se nalazi pretvornik gibanja. Kućište aktuatora se preko svoje prirubnice pričvršćuje na vrat slavine. Unutar kućišta aktuatora nalazi se mehanizam (prijenosnik) koji pretvara pravocrtno gibanje pneumatskih cilindara u kružno gibanje vretena aktuatora i slavine. Na samom kućištu obično su integrirani i graničnici krajnjih položaja kojima se regulira kut zakretanja slavine. Kućišta aktuatora su dizajnirana na način da mogu primiti do dva cilindra (radni i pomoćni). Samo kućište i njeni elementi dizajnirani su za određenu radnu silu/moment i prema tome se odabire najveći dozvoljeni promjer cilindra. Prilikom održavanja aktuatora potrebno je

obratiti pažnju na količinu ulja ili masti u kućištu aktuatora, na pravilnu podešenost krajnjih graničnika, na dotegnutost vijaka kućišta i prirubnica slavine i cilindra, te na ispravnost antikorozivne zaštite.



Slika 13. Kućište aktuatora s pretvornikom gibanja

3.1.2.2. Glavni cilindar (radni)

Svaki aktuator uvijek ima barem jedan cilindar koji služi za pokretanje slavine u normalnom radu. Taj cilindar zovemo glavni ili radni. Glavni cilindar je na našim plinovodima u pravilu uvijek plinski cilindar i nalazi se sa desne strane aktuatora. Izveden je u zavarenoj (Fahlke) ili rastavljivoj (Matryx, Rotork) konstrukciji i opremljen je klipom, šipkom, vodilicom i brtvama klipa, a omogućuje prijenos sile tlaka plina na radno vreteno aktuatora. Prilikom održavanja cilindra (radnog i pomoćnog) potrebno je obratiti pažnju na curenje radnog medija (plin ili ulje), na dotegnutost vijaka na spoju s kućištem, na dotegnutost vijaka prirubničkog poklopca (ako ga ima), na ispravnost brtvi prirubničkog poklopca (ako ga ima), na nepropusnost cijevnih vodova pogonskog radnog medija, te na ispravnost antikorozivne zaštite.

3.1.2.3. Pomoćni cilindar

Na drugoj strani aktuatora ugrađen je još jedan cilindar koji služi za ručno pokretanje aktuatora (hidraulični cilindar ili navojno vreteno) ili za automatski povrat u definirani položaj (aktuator s oprugom). Ovaj pomoćni cilindar nije sastavni dio svakog aktuatora, odnosno ne ugrađuje se uvijek. Na Fahlke aktuatorima se već prema oznaci tipa aktuatora može razaznati da li je ugrađen pomoćni cilindar, a to je označeno s: SR (cilindar s oprugom), HP (uljni cilindar), HW (navojno vreteno)

3.1.2.4. Krajnji prekidači

Kutija s krajnjim prekidačima daje električni signal položaja slavine i proslijeđuje ga u kontrolni centar (NDC). Kod eLBC-a ovaj signal se šalje i u eLBC uređaj gdje služi za vizualnu signalizaciju položaja slavine (signalne lampice O/Z) i kod nekih uređaja za detektiranje zapinjanja slavine u međupoložaju, te alarmiranje o tom problemu.

3.1.3. Upravljački uređaj

Upravljački uređaj služi za pripremu, regulaciju i usmjeravanje pogonskog plina iz plinovoda u aktuator i to po nalogu LBC-a ili operatera. Proizvođači čije upravljačke uređaje koristimo na našim plinovodima su slijedeći: Fahlke, Feromihin, Fasek, Matryx, Herion

3.1.3.1. Impulsni i pogonski vodovi

Impulsni i pogonski vodovi spojeni su direktno na plinovod, a mogu biti izvedeni odvojeno kao zasebni vodovi ili kao samo jedan zajednički vod. Kod pneumatskih LBC uređaja impulsni vod služi za dobavu tlaka iz plinovoda u pLBC element koji „nadgleda“ padove tlaka u plinovodu i pokreće akcije na pogonskom ventilu u slučajevima prevelikog pada tlaka. Kod elektroničkih LBC uređaja nema impulsnog voda jer se „nadgledanje“ pada tlaka obavlja preko elektroničkog pretvornika koji dalje upravlja pogonskim ventilom. Pogonski vodovi dobavljaju plin pod tlakom iz plinovoda do pogonskog ventila. Kada pLBC element pokrene akciju zatvaranja slavine ovaj plin se preko pogonskog ventila pušta u glavni cilindar, što pokreće zatvaranje slavine.

3.1.3.2. Upravljački uređaj

Upravljački uređaj obuhvaća elemente za pripremu pogonskog plina i manipulaciju tim plinom u svrhu pogona, odnosno upravljanja aktuatorom. Ovaj uređaj uglavnom na osnovni blok ima ugrađen filter - zauljivač i elektromagnetske visokotlačne blok ventile. U nekim slučajevima tu se nalazi još regulator tlaka i manometar za prikaz radnog tlaka. Prilikom korištenja upravljačkog uređaja važno je držati se uputa za rukovanje koje se moraju nalaziti unutar uređaja. Pri tome je potrebno posebno obratiti pozornost na minimalni i maksimalni radni tlak.

3.1.4. LBC (*Line Break Control*) blokadni uređaj

LBC blokadni uređaj prati brzinu pada tlaka u plinovodu te kada pad tlaka premaši zadanu vrijednost daje signal upravljačkom uređaju za zatvaranje slavine. LBC može biti pneumatski ili elektronički (pLBC/eLBC).

3.1.4.1. pLBC

Pneumatski sklop koji prati pad tlaka u plinovodu u jedinici vremena (minuti) i uspoređuje ga s postavljenom graničnom vrijednosti $\Delta p/t$, te po potrebi automatski daje impuls za zatvaranje slavine plinovoda. Ovaj sklop, ako postoji, ugrađen je unutar upravljačkog uređaja.



Slika 14. Pneumatski LBC

3.1.4.2. eLBC

Elektronički sklop koji prati pad tlaka u plinovodu u jedinici vremena (minuti) i uspoređuje ga s postavljenom graničnom vrijednosti $\Delta p/t$, te po potrebi automatski daje električni impuls za zatvaranje slavine plinovoda. Ovaj električni impuls prosljeđuje se do elektromagnetskog visokotlačnog ventila u upravljačkom uređaju. Ovaj sklop, ako postoji, ugrađen je u zasebnom ormariću izvan zone opasnosti.



Slika 15. Elektronički LBC

3.1.4.3. Pretvornik tlaka

Nužan element za rad elektroničkog LBC-a, koji mu daje signal o vrijednosti tlaka u plinovodu. Signal se po potrebi šalje i u kontrolni centar (NDC).



Slika 16. Pretvornik tlaka

3.1.5. Jedinica za ručno pokretanje

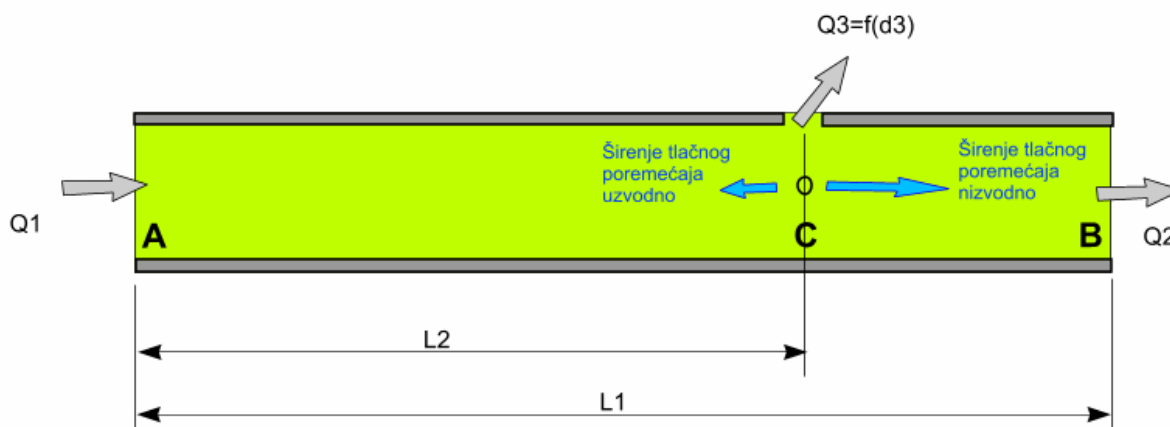
Moguće su izvedbe sa hidrauličnom pumpom (Fahlke), zračnom pumpom (Matryx), te navojnim vretenom (Fahlke, Matryx). U nekim slučajevima ručna pumpa nije prisutna, ali se tada za rezervu pogonskog stlačenog plina ugrađuje veća akumulacijska boca. Pomoću ove boce moguće je nekoliko puta otvoriti i zatvoriti slavinu koristeći njenu akumulaciju.



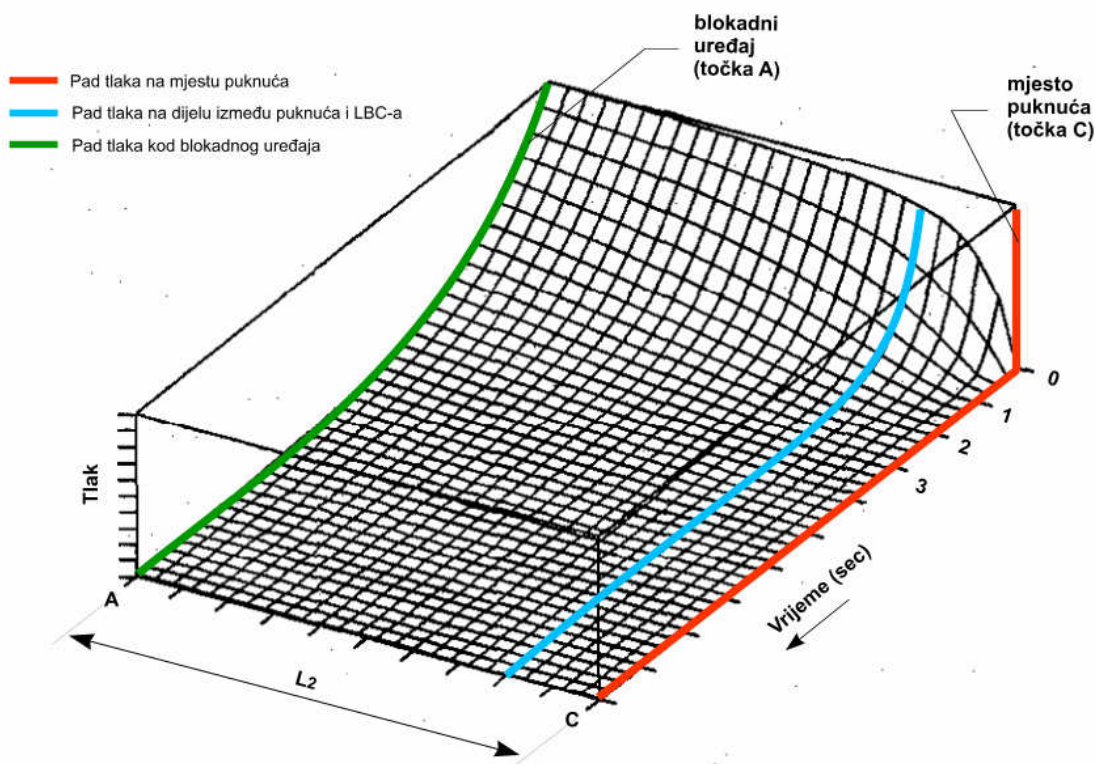
Slika 17. Jedinica za ručno pokretanje

3.2. Način rada

Detekcija puknuća plinovoda, odnosno odluka o tome kada se plinovod zatvara obavlja se automatski od strane samog LBC uređaja. LBC uređaj iz plinovoda dobiva informaciju o tlaku plinovoda i prati trendove kretanja tlaka. U slučaju da u promatranom vremenskom intervalu (najčešće 1 minuta) tlak pada brzinom većom od namještene, uređaj će pokrenuti akciju zatvaranja blokadne slavine.



Slika 18. Detekcija puknuća plinovoda



Slika 19. Gradijent pada tlaka u plinovodu

Ukoliko dođe do puknuća plinovoda, tlak će na mjestu puknuća i neposredno oko puknuća padati velikom brzinom. Tlačni poremećaj će se brzo širiti uzvodno i nizvodno od mjesta puknuća, pa će tako doći i do blokadnih uređaja koje se nalaze uzvodno i nizvodno (detektirani gradijent pada tlaka je nešto blaži ako je puknuće jako udaljeno od blokadnog uređaja). LBC uređaji na ovim slavinama će zatvoriti slavinu plinovoda, te će na ovaj način dionica sa oštećenjem biti zatvorena i izolirana od ostatka plinovoda i od dotoka novih količina plina.

Prilikom puknuća plinovoda pad tlaka i reakcija LBC uređaja ovisi o mnogo parametara: veličini i obliku otvora puknuća, o materijalu kojim je cijev zatrpana, udaljenosti mjesta puknuća od LBC uređaja, položaju puknuća u odnosu na LBC (uzvodno/nizvodno), početnom radnom tlaku plinovoda, brzini strujanja plina prije puknuća cijevi, o položaju eventualnih kompresorskih stanica, o veličini akumulacije plina na dionicama oko dionice puknuća i tako dalje.

Pravilnikom o tehničkim uvjetima i normativima za siguran transport tekućih i plinovitih ugljikovodika magistralnim naftovodima i plinovodima te naftovodima i plinovodima za međunarodni transport propisano je da blokadna slavina mora zatvoriti kada gradijent tlaka (pada tlaka u jedinici vremena) dosegne maksimalno 3.5 bar/min. Zapravo potrebno je da oštećenu dionicu zatvore dva susjedna zaporna organa. Međutim neki uređaji se ne mogu podesiti na tako velike iznose, već na područje 0,5-2,5 bar/min. Ovo područje podešavanja uređaja je još povoljnije u smislu sigurnosti detekcije puknuća plinovoda. Kod „mirnijih“ plinovoda koji nemaju velike oscilacije u radu moguće je blokadne uređaje podesiti na manje granične gradijente pada tlaka. Kod „nemirnih“ plinovoda premale vrijednosti podešenog gradijenta bi mogle izazvati nepotrebna zatvaranja plinovoda, pa se na njima granični gradijenti pada tlaka podešavaju na više vrijednosti.

3.3. Načini upravljanja

Postoje tri vrste upravljanja blokadnim uređajima:

- Ručno upravljanje
- Automatsko upravljanje (pomoću LBC uređaja)
 - Pneumatsko upravljanje, pLBC
 - Elektroničko upravljanje, eLBC
- Daljinsko upravljanje

3.3.1. Ručno upravljanje

Ručno pomoćno upravljanje koristi se kod prinudnog preusmjeravanja plina, tokom čišćenja plinovoda. Pneumatika u upravljačkoj kutiji, pneumatski cilindri, aktuatori i ostale komponente su ovdje samo u funkciji olakšavanja savladavanja sile zakretanja kugle blokadne slavine. Uređaj omogućava zatvaranje slavine po volji ovlaštene osobe i to da se upravljački sklop postavi (preklopkom) u ručni rad, kada se omogućava ručnim komandama na razvodnim ventilima zakretanje vretena aktuatora. Aktuator se može opremiti i uređajem za ručno mehaničko zatvaranje slavine.

3.3.2. Automatsko upravljanje

U automatskom načinu rada LBC jedinica nadgleda padove tlaka u plinovodu i zatvara plinovod u slučaju puknuća plinovoda.

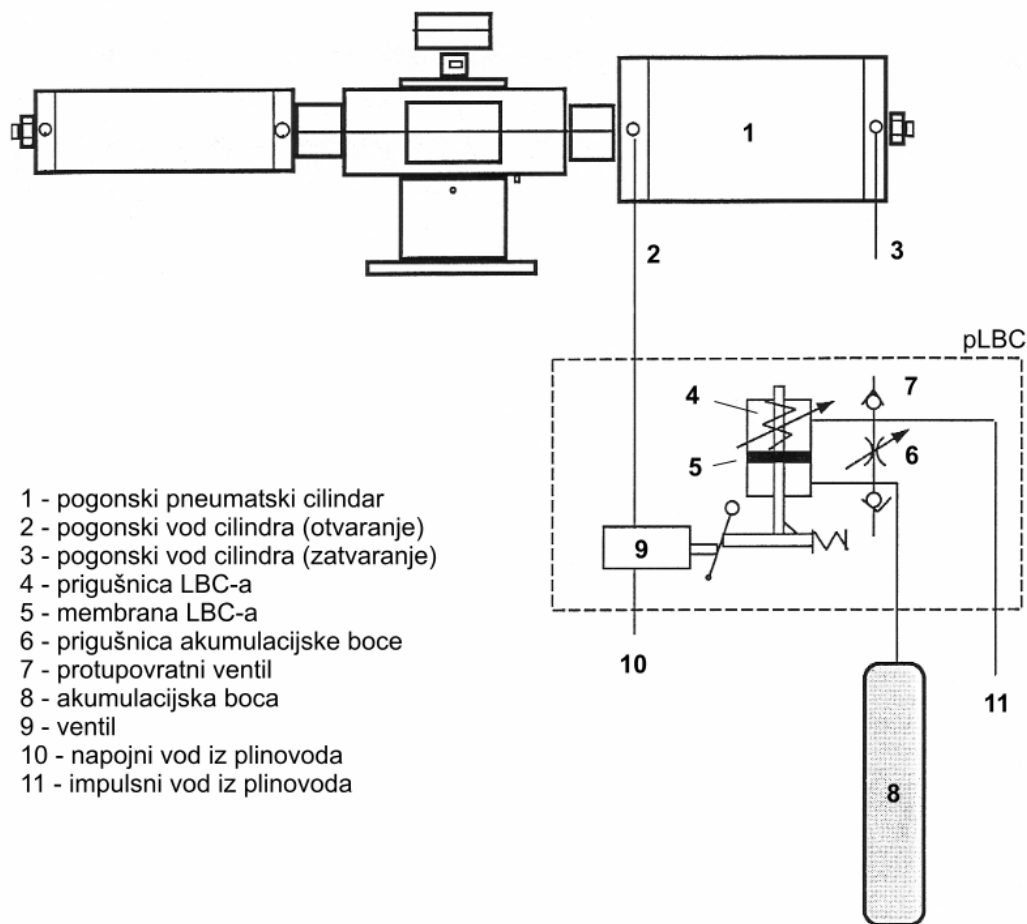
Pod automatsko upravljanje spadaju:

- Pneumatsko
- Elektroničko

U slijedećem dijelu obrađeno je pneumatsko i elektroničko upravljanje blokadnim uređajima. Pri gradnji novih dionica plinovoda koriste se isključivo elektronički eLBC uređaji zbog niza prednosti naprema pneumatskih pLBC uređaja i koje su navedene u daljnjem tekstu.

3.3.2.1. Pneumatsko LBC upravljanje

Iako u praksi ima više različitih tipova i generacija pneumatskih LBC uređaja, princip rada je sličan kod svih uređaja i objašnjen je na slijedećoj shemi.



Slika 20. Shema pneumatskog LBC uređaja

Akumulacijska boca (8) služi kao spremnik koji nosi informaciju o tlaku u proteklom vremenu. Boca se u normalnom radu puni i prazni preko prigušnog ventila (7), pri tome prateći tlak u plinovodu, ali uvijek sa zakašnjenjem koje diktira ova prigušnica. Ako se dogodi porast ili pad tlaka u plinovodu, tlak u boci će polagano rasti ili padati sve do tlaka plinovoda. Ako je ta promjena prebrza, tlak u boci neće moći pratiti tlak plinovoda. Ovo je iskorišteno kao memorijski spremnik tlaka, odnosno tlak u boci je tada zapravo tlak koji je u plinovodu bio prije određenog vremena (na primjer prije 1 min). Glavni dio samog LBC elementa je membrana (5) na koju se s jedne strane dovodi trenutni tlak iz plinovoda, a s druge strane „memorirani“ tlak iz akumulacijske boce. Sa svakom promjenom tlaka u plinovodu nastaje i razlika tlaka između jedne i druge strane membrane, pa se membrana

počinje pomicati. Ovo kretanje usporeno je prigušnicom LBC-a (4). Ako tlak padne dovoljno brzo i ako ostane tako dovoljno dugo membrana će se pomaknuti do svog krajnjeg položaja i sa sobom će pogurati sistem poluga koje će otvoriti napojni ventil (9). Napojni ventil će propustiti napojni tlak (10) koji je uobičajeno tlak iz plinovoda direktno ili preko regulatora tlaka. Na ovaj način puni se pogonski cilindar i počinje zatvaranje aktuatora. Iz opisa vidljivo je da se rad pLBC uređaja (gradijenti i brzina reakcije) podešava preko ugrađenih prigušnica. Za ispravan i pouzdan rad nužno je da radni medij bude potpuno čist (ugrađeni mikrofiteri), mehanički dijelovi funkcionalni, a podešavanje uređaja kontrolirano umjerenim instrumentima.

Plin pod tlakom se sa glavnog voda preko signalnog voda dovodi na tlačnu vagu gdje se uspoređuju dinamički tlakovi u cjevovodu i u referentnoj boci. Kada uslijed negativnog gradijenta tlaka dođe do neravnoteže aktivira se pneumatski signal preko logičkog razvodnika na upravljački plinski razvodnik koji propusti plin iz napojnog voda (i/ili radnog/rezervnog spremnika) prema izvršnom organu (cilindru) aktuatora koji preko polužnog mehanizma ostvaruje zakretni moment i zatvara zaporni organ (slavinu). Vrijednost gradijenta na kojemu će uređaj aktivirati zatvaranje slavine podešava se na prigušnici pneumatske vage. Sustav može biti opremljen i prigušnicom za regulaciju vremena kašnjenja signala za aktiviranje, kao i prigušnice za brzinu zatvaranja slavine. Uobičajeno je da ovi razvodnici već na svojim tijelima (uglavnom su u blok sistemu) imaju mogućnost ručnog aktiviranja time i zatvaranja i otvaranja slavine. Ovi uređaji mogu biti opremljeni i dodatnim obično elektromagnetskim ventilima tako da je funkcije zatvaranja moguće ostvariti sa udaljenosti (komandnog ormara, kontejnera, DC...). Ovi uređaji mogu biti opremljeni signalizatorima položaja slavine i to analognim pokazivačem i električnim sklopkama kada se ovaj podatak može daljinski odvesti na primjer do nadzornog centra. Pored zakonom propisane funkcije uređaj može biti opremljen i tlačnom sklopkom (pressostat) niskog i visokog tlaka za zaštitu sustava od ekstremnih uvjeta.

Plin potreban za upravljačku logiku uzima se iz plinovoda. «Instrumentalni» plin je nužno prethodno pripremiti (filtrirati i osušiti) kako bi sustav bio pouzdan. Kako je radni tlak plinovoda varijabilan i puno viši od potrebnog za upravljačku logiku i aktuator potrebno je predvidjeti redukciju tlaka (tlak do 16 bar). Kako se redukcija tlaka ne bi odvijala u trenutku aktiviranja sustava (popratne poteškoće sa pothlađivanjem) sustav je opremljen akumulacijskom posudom, koja ujedno služi i za aktiviranje slavine kada nestane napajanja u plinovodu.

Postoji niz kombinacija ove vrste sustava s obzirom na radni medij aktuatora. Gore opisani sustav primjenjuje se kada se za signal koristi plin iz cjevovoda, te se isti medij koristi i za pokretanje aktuatora. Gotovo identičan sustav je sa stlačenim zrakom, samo je tada nužno osigurati agregat za proizvodnju stlačenog zraka, znači i električnu energiju (plinski signalni vod dovodi se samo na plinsku vagu).

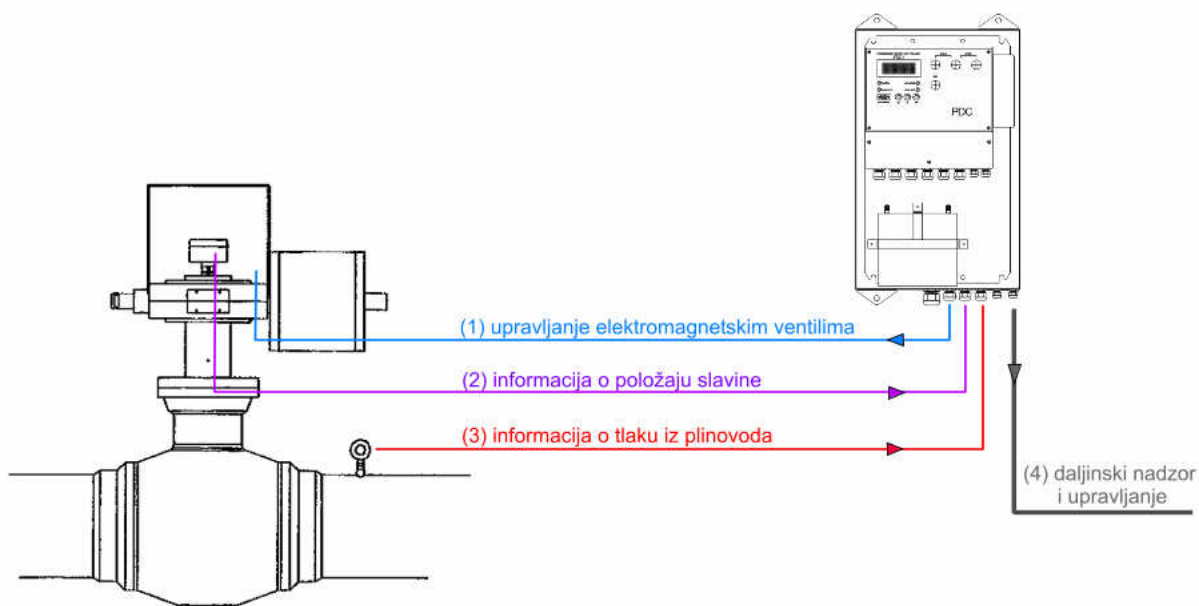
Ovakav sustav u raznim opcijama i podvarijantama primijenjen je u dosadašnjim rješenjima blokadnih uređaja tvrtke Plinacro. Većina novijih blokadnih stanica opremljena je elektromagnetskim razvodnicima i vodovima za daljinsko povezivanje. Mogućnost daljinskog aktiviranja nije u funkciji.

Prednost ovoga sustava je u tome što je izuzetno jednostavan i u normalnim uvjetima eksploatacije i održavanja radi pouzdano, relativno samostalan; nema potrebu za električnom energijom (za sigurnosnu i zakonsku funkciju).

Nedostatak ovog sustava je u ograničenim mogućnostima regulacije i upravljanja. Logički sklop bazira se na prosto obradi jednog posrednog analognog signala (gradijenta pada tlaka $\Delta p/t$) što je prihvatljivo kada je cjevovod dinamički dobro reguliran i izbalansiran. Svaki poremećaj na sustavu koji uzrokuje pad tlaka u jedinici vremena tumači se kao propuštanje (ispuhivanje, naglo priključenje potrošača, povećanje potrošnje, smanjenje proizvodnje ili dobave, ispust kondenzata i slično). Nisko postavljene vrijednosti gradijenta tlaka mogu uzrokovati nepotrebno aktiviranje. Zakonom propisanim gradijentom nisu definirane i količine izlaza plina zavisno od tlaka i promjera i duljine plinovoda. Stoga kod velikih plinovoda (visoki tlak i količina) može istjecati velika količina plina, a da uređaj ne reagira što može imati za posljedicu slabu sigurnost sustava.

Poteškoće također predstavlja čistoća plina kao i vlažnost, radi smrzavanja kondenzata u zimskim uvjetima. Nužni su napojni i signali vodovi.

3.3.2.2. Elektroničko LBC upravljanje



Slika 21. Shema elektroničkog LBC uređaja

Elektronički LBC uređaji preko pretvornika tlaka nadgledaju tlak u plinovodu (3). Informacija u tlaku se sprema u privremenu memoriju. Iz tih podataka računalno eLBC-a prati trendove kretanja tlaka. Kada računalno pomoću ugrađene programske logike zaključi da je gradijent pada tlaka veći od podešenog, ono preko elektromagnetskih ventila (1) pokreće akciju zatvaranja aktuatora (ovaj sustav upravljanja je najčešće s plinskim ili hidrauličnim aktuatorom), odnosno slavine i odvajanja dijela plinovoda. Ujedno eLBC uređaj preko prekidača krajnjih položaja dobiva (2) informaciju o položaju slavine. Neki eLBC uređaji samo prosljeđuju ovu informaciju u kontrolni centar, dok drugi pomoću ove informacije dodatno kontroliraju da li se slavina zaustavila u nekom međupoložaju između dvije krajnje točke. Sve informacije (položaj slavine, alarmantna stanja, preveliki pad tlaka, tlak izvan određenih granica, kvarovi uređaja i slično) mogu se dalje slati u kontrolni centar (NDC), što je u praksi izvedeno u više konfiguracija;

- eLBC Fasek => PLC => optički komunikacijski sustav => SCADA
- eLBC Feromihin => optički komunikacijski sustav => SCADA
- eLBC Feromihin => GSM => lokalni kontrolni centar (Excel SCADA)

Prednosti ovoga sustava su u tome da je pouzdan u svim uvjetima, moguće je koristiti jedan te isti tip uređaja na cijelom plinskom sustavu bez obzira na radni tlak, promjer, kapacitet, lokaciju i slično.

Sustav daje dodatne mogućnosti upravljanja, povećava sigurnost, otklanja lažne signale.

Ovi uređaji uglavnom su opremljeni tako da mogu zatvoriti slavinu i kada nema tlaka u plinovodu. Kod ovog uređaja vremenski uvjeti nisu toliko značajni. Signali se odmah preko pretvornika pretvaraju u električne tako da su manje osjetljivi na vremenske prilike i točniji su, a informacija je pogodna za daljinski prijenos.

3.3.3. Daljinsko upravljanje

Zapravo je prošireno automatsko upravljanje u kojem eLBC uređaj stoji kao poveznica između nadzornog/upravljačkog centra i same slavine. Sustav ELBC se može nadograditi za daljinski nadzor i upravljanje. Uređaj je potrebno opremiti i pripremiti za povezivanje na PLC tako da se omogući daljinski nadzor i upravljanje. Daljinsko upravljanje ima smisla jedino kada se nadzire i vodi (upravlja) cijeli sustav ili dio sustava (tehnološka dionica). Daljinski je moguće uz posebni protokol izvršiti zatvaranje blokadne slavine. Kod ovog rješenja treba prvenstveno oblikovati sustav tako da lokalna automatika zatvori slavinu kod maksimalnog dopuštenog gradijenta tlaka. Uzimajući u obzir razvojne planove plinskog transportnog sustava samim time i složenost, ovo rješenje daje više mogućnosti korištenja i upravljanja sustavom.

3.4. Načini prijenosa signala

Prijenos signala od blokadnog uređaja do nadzornog centra može se ostvariti na slijedeće načine:

- Prijenos signala povezivanjem na optiku (preko PLC-a ili direktno)
- Prijenos GSM-om (SMS ili GPRS)
- Prijenos radiovezom (stari sustavi)

Najčešći način povezivanja jest optikom zbog real time nadgledanja sustava, te u sustav nadzora i upravljanja dolazi više parametara pa nadzor i upravljanje sustavom može biti kvalitetnije.

Prijenos GSM-om koristi se u slučajevima kada na lokaciji blokadnog uređaja nije dostupna veza optikom. Naravno i GSM prijenos ima svoja ograničenja, a najveće jest dostupnost GSM/GPRS signala. Ovaj način prijenosa ne dopušta takvu kvalitetu nadzora kao optika.

Prijenos radiovezom najstariji je tip prijenosa signala. Oprema je skupa te postoji potreba za zakupom radio frekvencije.

3.5. Nadzor i signalizacija

Parametri i status blokadnog uređaja može se nadzirati na display-u lokalnog panela ili mogu biti prenijeti daljinski preko PLC i veza u nadzorni centar (nacionalni dispečerski centar) .

Uobičajeni parametri koji se nadziru:

- Indikacija zatvaranja ventila
- Indikacija «zatvoreno»
- Indikacija otvaranja
- Indikacija «otvoreno»
- Nizak napon baterije
- Alarm-pogreška
- Proces u normalnom radu
- Tlak plina

Kao opcija:

- (Gradijent tlaka)
- (Temperatura plina)
- (Temperatura okoline)
- (Gradijent pozitivan)
- (Gradijent negativan)
- Otvorena/zatvorena vrata objekta
- Upaljeno/ugašeno osvjetljenje objekta
- Ostalo prema potrebi (detekcija pokreta i slično)

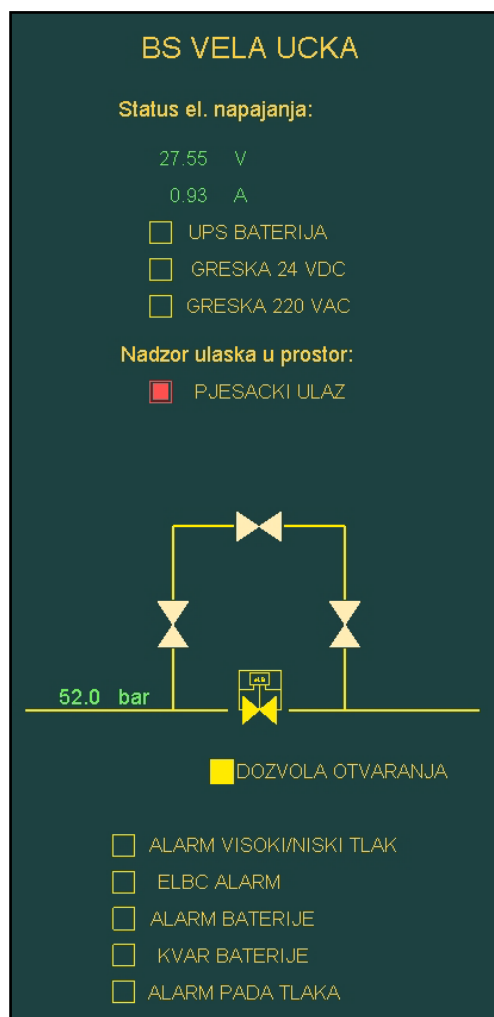
Nacionalni dispečerski centar zadužen je za kontinuirani operativni nadzor transportnog sustava s ciljem osiguranja sigurnog i pouzdanog transporta te osiguranja raspoloživosti ugovorenih transportnih kapaciteta za svakoga pojedinog korisnika. Iz Nacionalnog se dispečerskog centra putem sustava daljinskog nadzora i upravljanja obavlja nadzor i upravljanje cjelokupnim transportnim sustavom te na taj način kontrolira oko 25% energije u Hrvatskoj. Kontinuirani nadzor i upravljanje obavljaju iskusni dispečeri koji u smjenama rade 24 sata na dan, 365 dana u godini. Tehnička osnova NDC-a je Sustav daljinskog nadzora i upravljanja transportnim sustavom koji se sastoji od SCADA sustava (daljinski nadzor i upravljanje), tehničkog informacijskog sustava (TIS), geografskog informacijskog sustava (GIS) i sustava računalnih programa posebnih funkcija (hidraulički proračuni i analize). Na slijedećoj slici prikazan je nacionalni dispečerski centar tvrtke Plinacro.



Slika 22. Nacionalni dispečerski centar

Slijedeća slika pokazuje vizualizaciju plinovodnog sustava pomoću SCADA programske podrške. Na slici su vidljivi objekti na plinovodu sa navedenim najvažnijim parametrima uz njih. Ukoliko je objekt označen zelenom bojom to znači da je na objektu sve u redu (nema alarmne situacije), a ukoliko je objekt crvene boje tada na objektu postoji alarmna situacija. Vidljiva je i vrsta povezanosti objekta sa sustavom, pa je tako na slici plavom bojom označena povezanost optikom dok je crvenom bojom označena povezanost radio vezom.

Ukoliko se klikne na pojedini objekt na plinovodu (slika 24.), dobije se uvećani prikaz tog objekta s njegovim parametrima. Tako je moguće očitati trenutni tlak u plinovodu, koji je status napajanja uređaja, da li je slavina otvorena ili zatvorena i ostalo. Sa slike je vidljivo da je alarmna situacija na objektu izazvana otvaranjem ulaznih vrata objekta (označeno crvenom bojom).



Slika 24. Uvećani prikaz objekta

Odabranim objektom moguće je i daljinski upravljati (slika 25.) što se ostvaruje pokretanjem komande za otvaranje/zatvaranje slavine. Pravilnikom je određeno da nakon što automatski blokadni uređaj zatvori slavinu nije dopušteno istu otvarati daljinskim upravljanjem, već je potrebno fizički obići lokaciju i utvrditi iz kojeg razloga je slavina zatvorena te ukoliko je na objektu sve u redu ručno otvoriti slavinu.

Komanda 1

Objekt:
BS LABIN 75 BS ELBC

Aktualno: OTVOREN

Novo: OTVOREN ZATVOREN

☐ Premošćivanje

Komentar:

U Redu Odustani Pomoć

Slika 25. Daljinsko upravljanje - komanda

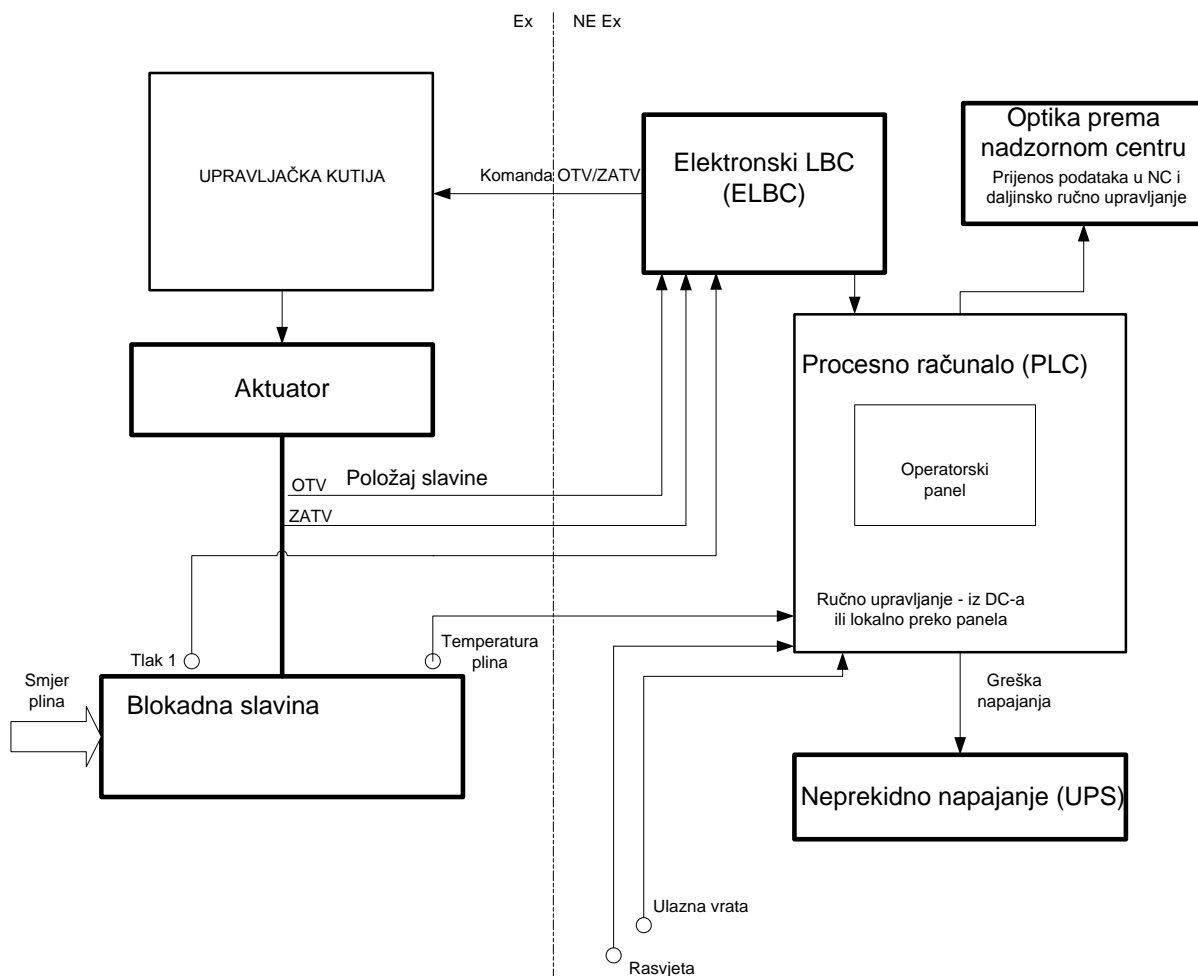
Moguće je za pojedini objekt vidjeti listu događaja / alarmnih situacija u proteklom periodu, što prikazuje slika 26. gdje je uz događaj naznačeno i točno vrijeme, datum te opis događaja.

Events		ZAGORJE_VTLAK			BS VELA UCKA	Power System
2008-12-30	08:50:43	BS VELA UCKA	0	ULAZ	PJESACKI	OTVOREN
	08:51:00	BS VELA UCKA	0	ULAZ	PJESACKI	ZATVOREN
2009-01-03	23:22:16	BS VELA UCKA	0	EL NAPON AC	STATUS	GRESKA
2009-01-04	00:27:20	BS VELA UCKA	0	EL NAPON AC	STATUS	NORMAL
	09:08:08	BS VELA UCKA	0	EL NAPON AC	STATUS	GRESKA
	09:08:40	BS VELA UCKA	0	EL NAPON AC	STATUS	NORMAL
2009-01-07	13:19:45	BS VELA UCKA	0	ULAZ	PJESACKI	OTVOREN
	13:30:46	BS VELA UCKA	0	ULAZ	PJESACKI	ZATVOREN
2009-01-08	08:49:34	BS VELA UCKA	0	ULAZ	PJESACKI	OTVOREN
	08:49:41	BS VELA UCKA	0	ULAZ	PJESACKI	ZATVOREN
	08:56:57	BS VELA UCKA	0	ULAZ	PJESACKI	OTVOREN
	08:57:02	BS VELA UCKA	0	ULAZ	PJESACKI	ZATVOREN
2009-01-12	15:23:58	BS VELA UCKA	0	ULAZ	PJESACKI	OTVOREN

Slika 26. Lista događaja odabranog objekta

Programski paket SCADA omogućuje real time nadzor plinovodnog sustava te trenutnu reakciju ukoliko se pojavi alarmna situaciju bilo koje vrste. Objekti na plinovodu slanjem parametara u nadzorni centar pravodobno mogu obavijestiti o mogućem oštećenju plinovoda, ulasku neovlaštene osobe unutar objekta ili o nekom kvaru na opremi te tako spriječiti veće nezgode.

4. SEKVENCA UPRAVLJANJA BLOKADNIM UREĐAJEM



Slika 27. Blok shema blokadne stanice

Princip rada blokadne stanice prikazan je slikom 27. i pokazuje način povezivanja opreme unutar blokadne stanice. Iz slike je vidljivo da se jedan dio opreme (aktuatorski razvodni sklop i razvodna kutija) nalazi u ugroženom prostoru zato su izvedeni u Ex izvedbi, dok se ELBC elektronički upravljački sklop instalira izvan zone ugroženosti (non Ex).

4.1. Prikupljanje informacija o tlaku

Informacija o tlaku (dinamičkom tlaku) u plinovodu dobije se neposredno preko pretvornika tlaka (pressure transducer), koji preko piezoelektričkog efekta signal (iznos tlaka) pretvara u analogni električni signal.

Mjerni senzor tlaka ugrađuje se na „živom“ dijelu plinovoda, u pravilu ispred blokadne slavina u smjeru glavnog strujanja plina, kako bi se što točnije mjerio stvarni tlak u plinovodu i otklonili lokalni poremećaji.

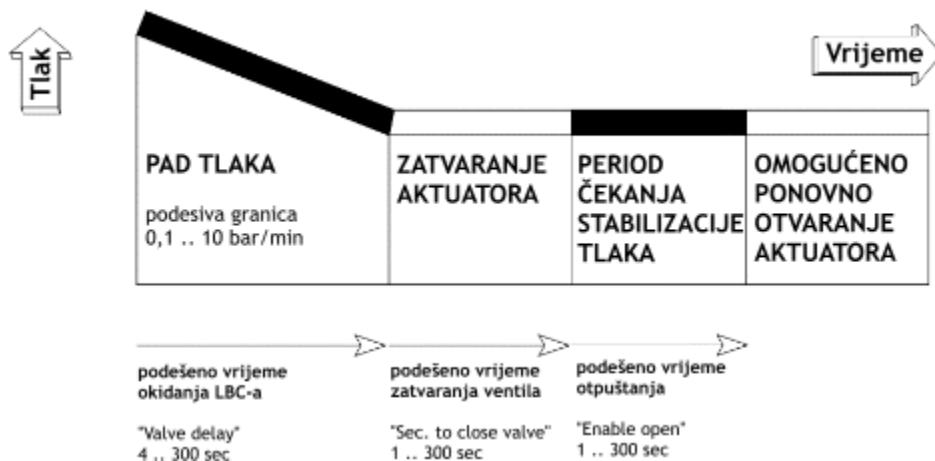
U konkretnom slučaju za mjerenje tlaka je predviđen senzor s izlaznom vrijednošću 4-20mA. Na priključno mjesto pretvornika tlaka doveden je napon od 10 V DC za napajanje senzora. Druga strana ulaza je zaključena s otporom od 120 Ω . Napon na ovom otporniku je ovisan o struji senzora mjerenja(4-20mA). S ovog otpornika se preko RC filtra izmjereni napon dovodi na ulaz analogno/digitalnog pretvornika koji je 10 bitni.

4.2. Obrada signala i odluka eLBC uređaja Fasek PDC-1^[4]



Slika 28. Izgled kontrolne ploče eLBC uređaja Fasek PDC-1

Signal se obrađuje u elektroničkom sklopu (mikroprocesoru) ELBC-a. Obrada signala eLBC-om može biti daleko naprednija (inteligentna) naspram pLBC-a jer mikroprocesor može pratiti signal kroz vremenski period i analizirati dinamiku promjene signala te razlučiti propuštanje uslijed havarije od drugih uzroka promjene tlaka. Blokadni uređaj može imati nekoliko dinamičkih modova (slika 29.) i izvršnih postupaka od alarma do aktiviranja zatvaranja zapornog organa na plinovodu (slavine).



Slika 29. Periodi rada (modovi) eLBC FASEK PDC-1

Mikroprocesor je 12 bitni i obavlja 800 internih mjerenja ulaznog signala tlaka u minuti. Nakon interpolacije 10 bitnog ulaznog podatka u 12 bitni, rezultat je 200 stvarnih fizičkih mjerenja po sekundi, a od toga procesor zapisuje svako 50-to mjerenje u FIFO međuspremnik i koristi ih za real time mjerenje (mjerenje u stvarnom vremenu), a koja se ne koriste kao srednja vrijednost već kao stvarna vrijednost. U pravilu to znači da odrađuje 4 individualna mjerenja po sekundi koja se onda uspoređuju sa zadanom graničnom vrijednošću pada tlaka u minuti i vremenom reakcije (valve delay).

Jednadžba po kojoj se to računa izgleda ovako:

$$(\text{Gradijent pada tlaka} / 60 \text{ sekundi}) * \text{Vrijeme reakcije} = \text{Računska vrijednost pada tlaka}$$

(4.2.1.)

Na primjer:

Gradijent pada tlaka = 1,5 bar/min

Vrijeme reakcije = 4 sekunde

Kada te vrijednosti uvrstimo u jednadžbu (4.2.1.) dobijemo:

$$(1,5 / 60) * 4 = 0,1 \text{ bar}$$

Što znači da će uređaj za zadani gradijent pada tlaka od 1,5 bar/min i vrijeme reakcije od 4 sekunde zatvoriti slavinu nakon što sveukupni pad tlaka bude 0,1 bar ili više u 4 sekunde.

U slučaju na blokadnim stanicama u Hrvatskoj (zakonska regulativa je 3,5 bar/min, a na stanicama se namješta 2,5 bar/min ovisno o lokaciji stanice) kalkulacija je slijedeća:

Gradijent pada tlaka = 2,5 bar/min

Vrijeme reakcije = 40 sekundi (najčešće se odabire 40 ili 60 sekundi)

Ponovno koristeći jednadžbu (4.2.1.) dobijamo slijedeću vrijednost:

$$(2,5 / 60) * 40 = 1,667 \text{ bar}$$

Što znači da će uređaj za zadani gradijent pada tlaka od 2,5 bar/min i vrijeme reakcije od 40 sekundi zatvoriti slavinu nakon što sveukupni pad tlaka bude 1,667 bar ili više u 40 sekundi.

4.2.1. Primjer odluke^[5]

Uzimajući u obzir gore navedene vrijednosti (zbog jednostavnosti odabiremo prvi primjer), imamo 16 mjerenja (4 mjerenja u sekundi i vrijeme reakcije 4 sekunde što iznosi $4 * 4 = 16$) te dokazujemo da li je sveukupni pad tlaka najmanje 0,1 bar ili nije. Sveukupni pad tlaka jest suma svih promjena tlakova među mjerenjima, a promjena tlakova jest razlika između prvog i drugog mjerenja to jest vrijednost tlaka drugog mjerenja minus vrijednost tlaka prvog mjerenja i tako za svako slijedeće mjerenje. Ukoliko je konačna suma negativna to nam govori da je došlo do sveukupnog pada tlaka, a ukoliko je pozitivna znači da je tlak porastao. U konkretnom slučaju ukoliko je suma razlika tlakova niža od -0,1 bar to znači da nam je sveukupni pad tlaka viši od vrijednosti 0,1 bar i slavina će biti zatvorena.

Moguća su slijedeća četiri slučaja:

Slučaj 1:

Pretpostavimo da vrijednost tlaka pada sve više i više

Tablica 1. Primjer odluke, slučaj 1

Mjerenje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Tlak	30,0	29,9	29,8	29,7	29,6	29,5	29,4	29,3	29,2	29,1	29,0	28,9	28,8	28,7	28,6	28,5	
Razlika		-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	SUM -1,5

Sveukupni pad tlaka jest -1,5, što znači da je niži od granične vrijednosti sveukupnog pada tlaka -0,1 te se slavina zatvara!

Slučaj 2:

Tlak pada na graničnu vrijednost i na njoj ostaje

Tablica 2. Primjer odluke, slučaj 2

Mjerenje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Tlak	30,0	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	
Razlika		-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	SUM -0,1

Sveukupni pad tlaka jednak je graničnoj vrijednosti sveukupnog pada tlaka -0,1 te se slavina zatvara!

Slučaj 3:

Tlak padne na i ispod granične vrijednosti ali se ubrzo i vraća na vrijednost prije detekcije pada

Tablica 3. Primjer odluke, slučaj 3

Mjerenje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Tlak	30,0	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,8	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	30,0	
Razlika		-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	SUM 0,0

Nije bilo sveukupne promjene tlaka ($0,0 > -0,1$). Slavina se ne zatvara! Na ovaj način se izbjegavaju smetnje u plinovodu, kao na primjer tlačni valovi, kratkotrajne „impulsne“ promjene tlaka itd..

Slučaj 4.

Tlak pada ispod granične vrijednosti ali se poveća na vrijednost iznad granične prije detekcije pada.

Tablica 4. Primjer odluke, slučaj 4

Mjerenje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Tlak	30,0	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,8	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	29,9	30,1	
Razlika		-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	SUM 0,1

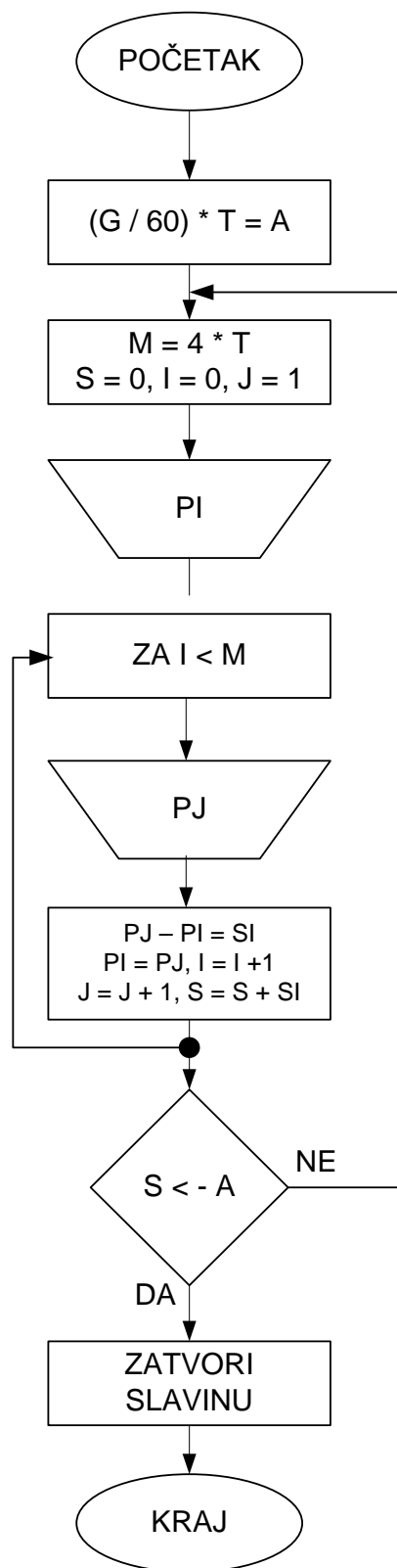
Sveukupna vrijednost promjene tlaka je 0,1 što je veće od granične vrijednosti -0,1 te se slavina ne zatvara!

Ukoliko je vrijeme reakcije namješteno na 4 sekunde, tada FIFO međumemorija pamti 16 mjerenja.

Tablica 5. FIFO međumemorija

← izbrisati sekunde mjerjenja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	← pohrani nove sekunde mjerjenja
	Sekunda 1				Sekunda 2				Sekunda 3				Sekunda 4				

eLBC je sigurnosni sustav koji detektira puknuće i koji mora reagirati vrlo brzo, ali što je reakcija brža to je i mogućnost pogreške veća. Razlog zbog kojeg se može podešavati vrijeme reakcije jest taj da se izbjegne „lažni“ alarm kao što je na primjer tlačni val, koji ima područja naglog višeg i nižeg tlaka.



Legenda:

G – zadani gradijent pada tlaka
 T – vrijeme reakcije
 A – računska vrijednost pada tlaka
 M – broj mjerenja u zadanom vremenu reakcije
 S – sveukupni pad tlaka
 I, J – brojači
 PI, PJ – izmjerena vrijednost tlaka

Slika 30. Dijagram toka za uređaj Fasek PDC-1

4.3. Obrada signala i odluka eLBC uređaja Feromihin Exell^[6]



Slika 31. Izgled kontrolne ploče eLBC uređaja Feromihin Exell

Karakteristike i mogućnosti uređaja jednake su kao i prije navedenog stoga ih se neće posebno navoditi, samo odlučivanje i obrada signala između ova dva uređaja su različite pa je obrađen samo taj dio.

Gradijent pada tlaka se izračunava iz mjerenja tlaka. Svake sekunde se vrijednost tlaka sprema u međuspremnik. Međuspremnik se sastoji od dvije memorije po 30 mjerenja (60 vrijednosti mjerenja - 1 minuta). Srednja vrijednost mjerenja prvih pola minute (jednadžba 4.3.1.) se oduzima od srednje vrijednosti zadnjih pola minute (jednadžba 4.3.2.) i dobijena vrijednost je računski vrijednost gradijenta tlaka za pola minute (jednadžba 4.3.3.).

X - srednja vrijednost prvih pola minute

Y - srednja vrijednost zadnjih pola minute

Z – izračunata vrijednost gradijenta tlaka za pola minute

G – zadana vrijednost gradijenta tlaka

M_i - i-to mjerenje

$$X = \frac{\sum_{1}^{30} M}{30} \quad (4.3.1.)$$

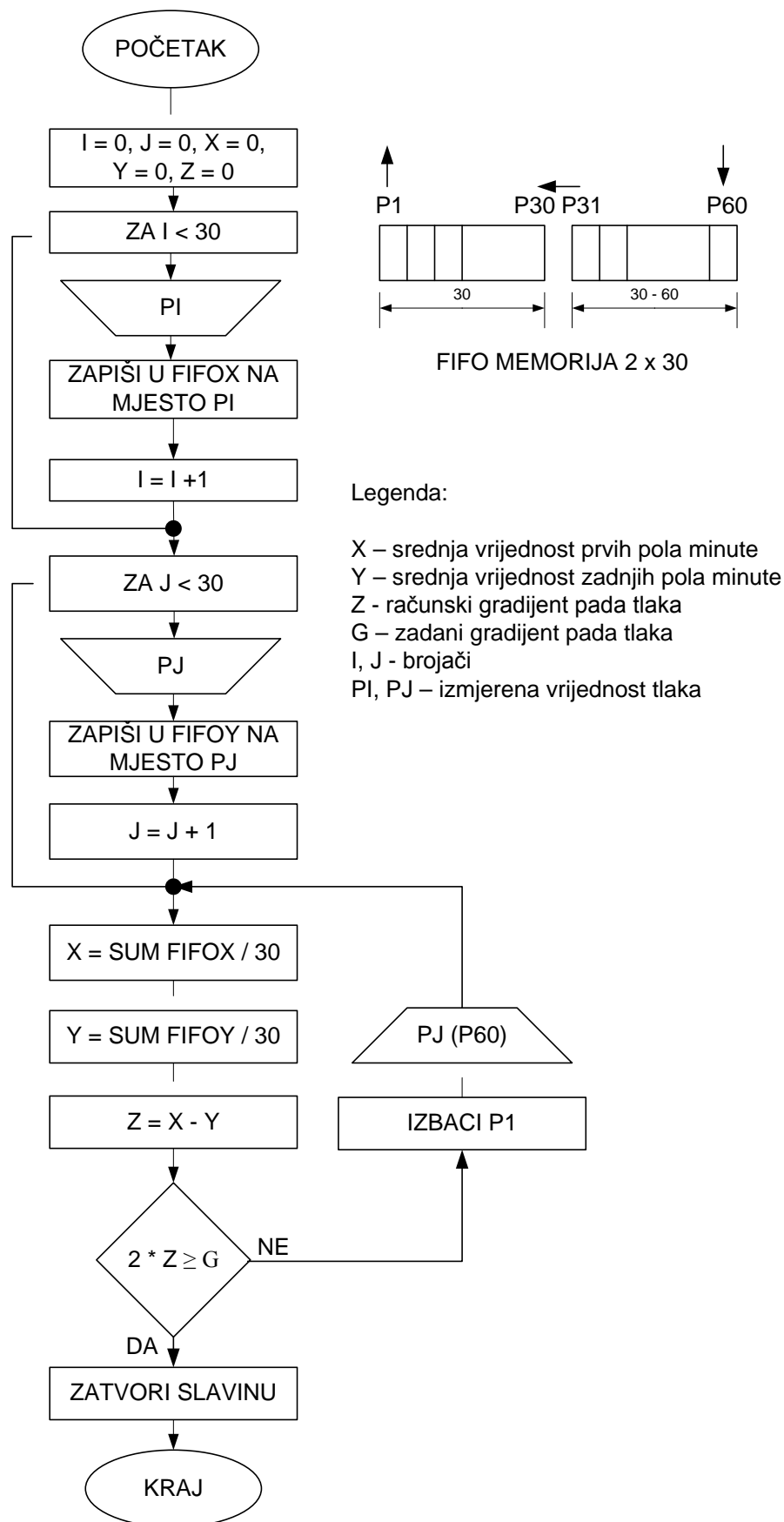
$$Y = \frac{\sum_{31}^{60} M}{30} \quad (4.3.2.)$$

$$Z = A - B \quad (4.3.3.)$$

Ako je vrijednost pozitivna $Z > 0$, gradijent pada tlaka je pozitivan (imamo pad tlaka), a ako je negativna $Z < 0$, tada je gradijent pada tlaka negativan (tlak raste). Izračunata vrijednost gradijenta pada tlaka se uspoređuje s zadanom vrijednosti za zatvaranje ventila (blokadu). Ako je izmjerena vrijednost gradijenta pada tlaka veća ili jednaka zadanoj, uređaj pokreće zatvaranje ventila (u slučaju da je otvoren).

$$2 * Z \geq G \rightarrow \text{zatvaranje slavine}$$

Kad e-LBC zatvori ventil, sve vrijednosti mjerenja u međuspremniku se spremaju u memoriju s točnim vremenom zatvaranja(datum, sat, minuta i sekunda).



Slika 32. Dijagram toka za uređaj Feromihin Exell

4.4. Zatvaranje/otvaranje slavine putem eLBC uređaja^[4,6]

Uređaj uspoređuje zadanu i izmjerenu (dobivenu) graničnu vrijednost gradijenta tlaka, ukoliko je izmjerena vrijednost veća ili jednaka zadanoj pokreće zatvaranje ventila (u slučaju da je otvoren) i to na način da se signal o aktiviranju šalje na solenoidni (elektromagnetski) plinski ventil koji propušta radni medij (plin) u /iz plinski cilindar.

Ako je na uređaj spojen GSM Modem, uređaj šalje SMS centru s lokacijom gdje je zatvaranje nastupilo ili ukoliko je uređaj spojen preko optike ili PLC uređaja do nadzornog centra, javlja da nastupa zatvaranje (alarmna situacija). Kad e-LBC zatvori ventil, sve vrijednosti mjerenja u međuspremniku se spremaju u memoriju s točnim vremenom zatvaranja (datum, sat, minuta i sekunda).

4.5. Dodatne mogućnosti eLBC uređaja Feromihin^[4,6]

Navedene su mogućnosti uređaja Feromihin dok se iste mogu dobiti i na uređaju Fahlke, dodavanjem PLC-a.

Uređaj može sakupiti i obraditi, pokazati i odaslati niz parametara i podataka kao što su tlak u cjevovodu, dinamičke promjene tlaka, broj i analizu alarmnih situacija, temperaturu, položaj slavine, stanje blokadnog uređaja, postavne veličine, temperaturu okoline, stanje baterija, stanje osvjetljenja blokadne stanice itd. Također blokadni uređaj može primiti (daljinski) naredbe o promjeni postavnih veličina ili naredbu za aktiviranje aktuatora. Ova mogućnost posebno je značajna kada operater sustava upravlja i nadgleda cijeli sustav (SCADA) iz nadzornog centra .

Uređaj pomoću sklopki krajnjih položaja ventila otkriva položaj ventila (otvoren, zatvoren, u otvaranju, u zatvaranju). Nakon detektiranja dolaska ventila u krajnji položaj (otvoren, zatvoren), uređaj još neko vrijeme pokušava otvoriti/zatvoriti ventil. Dodatno vrijeme je podesivo do 4 minute u rasteru od 1 sekunde. Ukoliko ventil nije u određenom vremenu došao iz jednog u drugi krajnji položaj uređaj zaključuje da je ventil u blokadi, a u slučaju greške na senzorima (na primjer ako detektira da oba senzora javljaju da je ventil došao do njih) uređaj zaključuje da je greška na ventilu.

Uređaj kontrolira i rad releja otvaranja i zatvaranja ventila prateći napon na radnom izlazu releja te također otkriva da li je na releje doveden napon za elektromagnet ventila. Uređaj mjeri i napon na ulazu na napajanje (može i neki drugi napon) te tako prati stanje baterija u

slučaju da se napaja solarnim/vjetro sustavom. Na uređaju se nalazi i ulaz sa senzora prisustva na koji se može povezati na primjer mikrosklopka na vratima ormara ili kontejnera. Svaka akcija na uređaju se bilježi u dnevnik događaja (aktiviranje rada LBC-a, zatvaranje ventila, podešavanja parametara itd.).

Ovaj upravljački uređaj mora imati napajanje el. energijom. Rješenje napajanja el. energijom može biti NN mreža, akumulatorska baterija, sunčani kolektor ili slično. U svakom slučaju kod ove izvedbe predviđaju se uređaj za besprekidno napajanje, UPS baterije, koje osiguravaju dodatnu energiju za rad aktuatora i kad nestane redovnog napajanja.

5. ZAKLJUČAK

Blokadni uređaji sigurnosni su elementi stoga su od velikog značaja na plinovodnom sustavu. Potrebno je posvetiti mnogo pažnje pri odabiru i postavljanju uređaja. Stari blokadni uređaji sa pneumatskim upravljanjem zamjenjuju se elektronički upravljanim uređajima zbog veće pouzdanosti, neosjetljivosti na vremenske prilike i radni tlak u plinovodu, mogućnosti daljinskog upravljanja, privremenog deaktiviranja i blokiranja sa zadržkom te mnogih drugih prednosti. Glavni nedostatak ovih uređaja zbog većeg broja elemenata u lancu upravljanja, odlučivanja i reakcije jest moguć veći broj uzroka kvarova.

Na svim novim dionicama plinovoda postavljaju se elektronički blokadni uređaji (prilog 6.5.) koji su povezani optikom sa nadzornim centrom što povećava sigurnost cijelog sustava zbog real time praćenja parametara sustava te mogućnosti pravodobnog reagiranja na sve alarmantne situacije.

Oba blokadna uređaja teorijski obrađena u ovom diplomskom radu zadovoljavaju zahtjevima plinovodnog sustava Republike Hrvatske, a njihov odabir ovisi samo o potrebama određene lokacije. Ono što je bitno jest da blokadni uređaj reagira isključivo samo pri puknuću plinovoda što znači da mora na temelju postavljenih vrijednosti i algoritma odluke izbjeći sve lažne signale. Sigurnost energenta i okoline najvažnija je misija blokadnog uređaja i implementacijom modernih tehnologija opasnost od nesreća svodi se na minimum.

6. PRILOG

6.1. HR EN 1594, članak 5.4.

HR EN 1594 definiraju BS u članku 5.4.

“U plinovodnim sustavima bi se morali po sekcijama ugrađivati LBC ventili. Pri određivanju sekcija za postavljanje tih ventila, potrebno je uzeti u obzir radni tlak, promjer plinovoda, vrijeme potrebno za dolazak na mjesto ventila, potrebu za LBC ventilima u radne svrhe, položaj najbližih odvodnih cijevi i drugih postojećih ventila”.

Blokadne stanice postavljaju se na plinovodu kao zasebni tehnološki objekti. Kod duljih dionica na plinovodima se postavljaju "Među čistačke stanice" (MČS) koje odvajaju dionice plinovoda. Dionice plinovoda odvojene su na spojnom dijelu plinovoda također blokadnom slavinom (BS).

6.2. Tehničke karakteristike plinovoda radnog tlaka 50 bara

Protočni medij: Suhi prirodni plin, ($\text{CH}_4=98.87\%$, $\text{N}_2=1.13\%$),

Rosište: $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ kod 50 bar,

Gustoća ($15\text{ }^{\circ}\text{C}$): 0.6857 kg/m^3

Promjer plinovoda: 16"

Maksimalni radni tlak (bar): 50

Minimalni radni tlak (bar): 8

Radna temperatura plina($^{\circ}\text{C}$):3-15

Temperatura okoliša ($^{\circ}\text{C}$): -30 do 60

Duljina plinovoda: 1659 km

6.3. Tehničke karakteristike plinovoda radnog tlaka 75 bara

Protočni medij: Suhi prirodni plin, ($\text{CH}_4=98.87\%$, $\text{N}_2=1.13\%$),

Rosište: $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ kod 75 bar

Gustoća ($15\text{ }^{\circ}\text{C}$): 0.6857 kg/m^3

Promjer plinovoda: 20"

Maksimalni radni tlak (bar): 75

Minimalni radni tlak (bar): 25

Radna temperatura plina($^{\circ}\text{C}$):3-15

Temperatura okoliša ($^{\circ}\text{C}$): -30 do 60

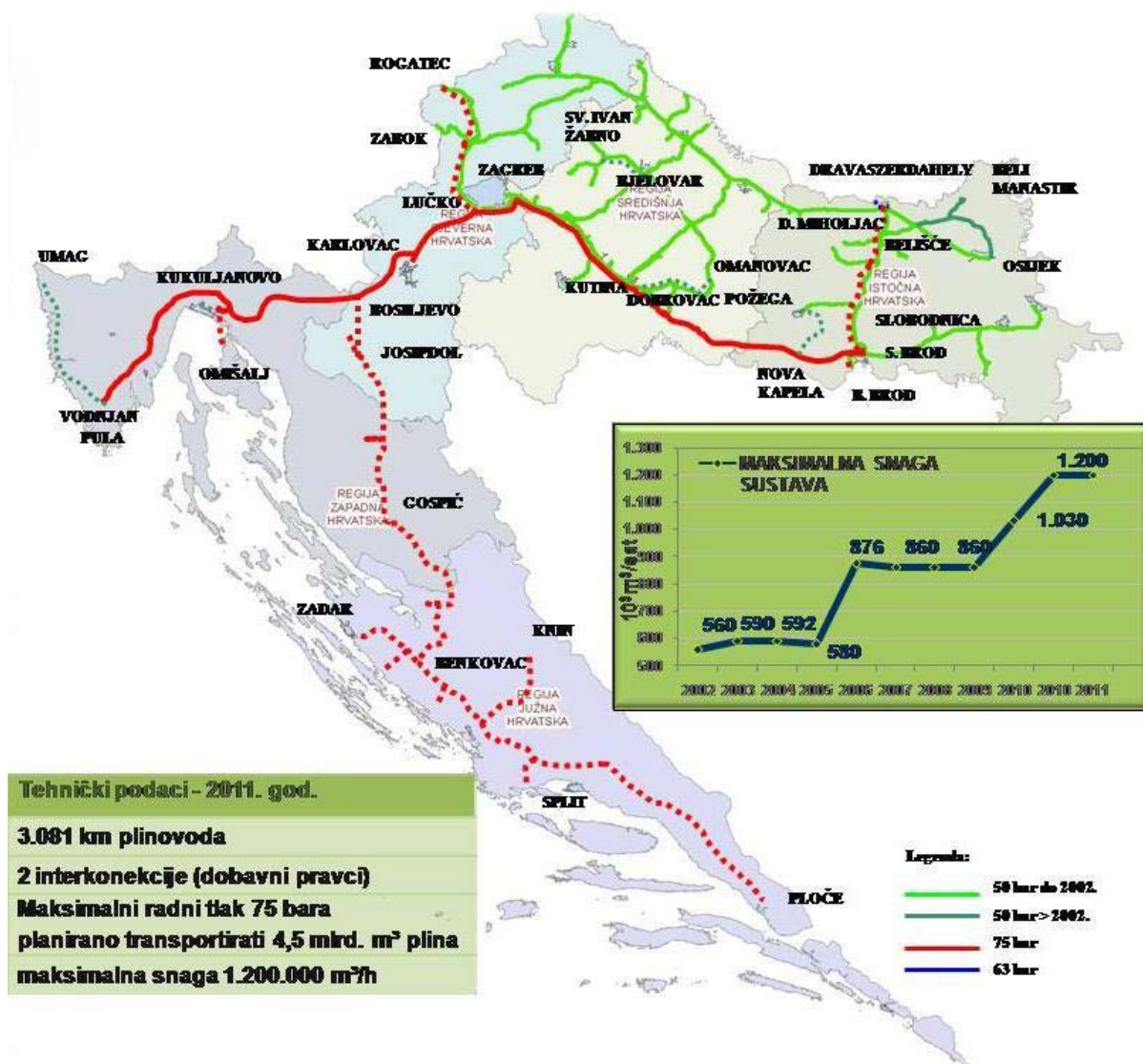
Duljina plinovoda: 426 km

Vrijeme korištenja: narednih 50 godina

6.4. Prirodni plin

Prirodni plin je plinska smjesa različitih ugljikovodika od kojih je najveći udio (veći od 90%) metana (CH_4). U manjim količinama prisutni su ostali ugljikovodici (etan, propan, butan i primjese težih ugljikovodika), te ugljični dioksid (CO_2) i dušik (N_2), a moguća je i pojava helija, sumporovodika, argona, vodika, živinih i drugih para. Porijeklo, vrsta i udio tih primjesa u prirodnom plinu ovise o vrsti matičnih stijena, o utjecaju magmatskih, odnosno hidrotermičkih procesa u litosferi i o procesima migracije prirodnog plina.

6.5. Plan razvitka plinovodnog sustava Republike Hrvatske do 2011. godine



Slika 33. Plan razvitka plinovodnog sustava do 2011. godine

7. LITERATURA

1. Podaci sa XXII međunarodnog znanstvenog susreta stručnjaka za plin, Opatija, 2007.
2. Noha D., Belačić V.: *Uputa za redovni pregled i provjeru rada blokadnih uređaja transportnog sustava plinovoda*, Plinacro d.o.o., oznaka dokumenta: TT03003C, 2007.
3. N.N.: *Gas pipeline explosion*, <http://www.daylife.com/photo/04Cp4MT4fL7Ye>, 20.12.2008.
4. Noha D.: *LBC uređaji: Fasek PDC-I*, Plinacro d.o.o., Tehnička dokumentacija, 2006.
5. J. P. Stroemer kontaktiran putem email-a: Predmet: dp calculation, Tehnički ured tvrtke Fasek gmbh, 12.01.2007.
6. Tehničke karakteristike uređaja Feromihin Exell, Feromihin d.o.o., Exell elektronika